

15 2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"

"ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE HURACANES
INTENSOS EN LA ZONA COSTERA
DEL SURESTE DE MÉXICO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

Soriano Martínez José Alberto

Director de Tesis
DR. M. MICHEL ROSENGAUS MOSHINSKY

FALLA DE ORIGEN

EDO. DE MEX. 1990



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTUDIO DE LOS EFECTOS DE HURACANES INTENSOS EN LA
ZONA COSTERA DEL SURESTE DE MEXICO

C A P I T U L O S .

	pag.
I. INTRODUCCION.	1 - 2
II. CARACTERISTICAS GENERALES DE HURACANES.	3 - 32
III. DESCRIPCION DE HURACANES ESTUDIADOS.	33 - 55
IV. SIMULACION DE LOS EFECTOS.	56 -112
V. MATRICES DE DAÑOS.	113-120
VI. VULNERABILIDAD DE LAS COSTAS DEL SURESTE DE MEXICO.	121-149
VII. CONCLUSIONES.	150-162
 BIBLIOGRAFIA.	 163-164

TE M A R I O :

	pag.
CAPITULO I. INTRODUCCION.	1 - 2
CAPITULO II. CARACTERISTICAS GENERALES DE HURACANES.	
2.1 HURACAN	3 - 3
2.2 GENESIS DEL HURACAN.	3 - 8
2.3 ZONAS CICLOGENAS.	9 - 16
2.3.1 Zonas Generadoras de Huracanes.	9 - 11
2.3.2 Huracanes que afectan las costas del Sureste de México.	11 - 14
2.3.3 Término de los huracanes.	15 - 16
2.4 MEDIOS DE DETECCION Y DE LOCALIZACION DE HURACANES.	16 - 20
2.4.1 Medios Naturales para la Detección de Huracanes.	17 - 18
2.4.2 Medios artificiales o técnicos para la detección de huracanes.	18 - 20
2.5 PRINCIPALES CAUSAS DE DAÑOS POR HURACANES.	20 - 21
2.5.1 Marea de Tormenta o Ras de Mar.	21 - 25
2.5.2 OJeaJe.	25 - 26
2.5.3 Viento.	26 - 29
2.5.4 Lluvia.	30 - 30
2.6 EL SURESTE DE MEXICO Y LOS HURACANES.	30 - 32
CAPITULO III. DESCRIPCION DE HURACANES ESTUDIADOS.	
3.1 SELECCION DE HURACANES ESTUDIADOS.	33 - 34
3.2 HURACAN ANNA	34 - 36
3.3 HURACAN CARLA	37 - 38
3.4 HURACAN INEZ	39 - 41
3.5 HURACAN BEULAH	42 - 44
3.6 HURACAN CAMILLE	45 - 46

	pag.
3.7 HURACAN CARMEN	47 - 48
3.8 HURACAN FIFI	49 - 50
3.9 HURACAN GRETA	51 - 52
3.10 HURACAN ALLEN	53 - 55

CAPITULO IV. SIMULACION DE LOS EFECTOS.

4.1 SIMULACION DE LOS EFECTOS.	57 - 61
4.1.1 Modelo de Simulación de Marea de Tormenta.	62 - 65
4.1.2 Modelo de Simulación de Oleaje.	65 - 68
4.1.3 Modelo de Simulación de Viento.	68 - 71
4.2 RESULTADOS DE LA SIMULACION.	71 - 72
4.2.1 HURACAN ANNA	73 - 76
4.2.2 HURACAN CARLA	77 - 81
4.2.3 HURACAN INEZ	82 - 86
4.2.4 HURACAN BEULAH	87 - 91
4.2.5 HURACAN CAMILLE	92 - 94
4.2.6 HURACAN CARMEN	95 - 99
4.2.7 HURACAN FIFI	100-103
4.2.8 HURACAN GRETA	104-107
4.2.9 HURACAN ALLEN	108-112

CAPITULO V. MATRICES DE DAÑOS.

5.1 INFORMACION ESTADISTICA DE DAÑOS.	113-119
---------------------------------------	---------

	pag.
CAPITULO VI. VULNERABILIDAD DE LAS COSTAS DEL SURESTE DE MEXICO.	
6.1 VULNERABILIDAD DE LAS COSTAS DEL SURESTE DE MEXICO.	121-121
6.2 CONDICION GEOGRAFICA DE LAS ENTIDADES DEL SURESTE DE MEXICO.	122-125
6.3 CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LA ZONA SURESTE.	125-128
6.4 LA HIDROGRAFIA DE LAS ENTIDADES DEL SURESTE.	128-130
6.5 EL CRECIMIENTO SOCIOECONOMICO DE LAS ENTIDADES DEL SURESTE DE MEXICO Y LAS ZONAS MAS VULNERABLES A LOS EFECTOS DEL HURACAN.	130-149
CAPITULO VII. CONCLUSIONES.	151-162
R E F E R E N C I A S .	163-164

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION.

El Sureste de México ha resultado en muchas ocasiones afectado por el paso de huracanes, la vulnerabilidad de sus costas ante estos meteoros es un grave problema para un adecuado crecimiento turístico, comercial e industrial de esta región; por lo que es necesario tomar medidas inmediatas y a largo plazo para la protección de la población y de su patrimonio.

La falta de una legislación adecuada para la prevención y protección contra estos meteoros, es la principal razón por la que cada vez que se presentan estos meteoros, estos ocasionen graves daños a la infraestructura costera, a la población, a la agricultura y ganadería e incluso a los ecosistemas de la zona expuesta.

La necesidad de contar con una legislación adecuada ha motivado a múltiples organismos e instituciones nacionales, a realizar investigaciones destinadas a evaluar las causas que generan los daños por efecto del huracán.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, dependiente de la Comisión Nacional del Agua, un grupo de investigadores trabaja en el proyecto "Estudio de huracanes y sus efectos en México", con la finalidad de describir el clima de huracanes y sus efectos en México, así como el de buscar capacidad predictiva operacional, requerida para la protección de su población y de su patrimonio.

El trabajo que se presenta a continuación, trata de conjuntar en forma general los principales objetivos planteados en el desarrollo del anterior proyecto.

En esta investigación se estudian los efectos que causan los huracanes intensos, en la zona costera del Sureste de México. En este sentido es importante el estudio de los huracanes, en cuanto a la evolución en el tiempo y a la distribución en el espacio, de sus cuatro principales efectos: marea de tormenta, oleaje, viento, precipitación pluvial.

Para realizar este estudio, fue necesario darle inicialmente un enfoque global, para que posteriormente se pudieran analizar exclusivamente las principales características de la zona Sureste.

El paso del huracán Gilbert, por costas nacionales del Caribe y Golfo de México, en Septiembre de 1988, provocó graves daños, a la agricultura, a la ganadería, a la infraestructura de comunicación y portuaria e incluso a los ecosistemas de las entidades afectadas (Yucatán, Quintana Roo, Tamaulipas). La información generada en torno a este huracán, es tan cuantiosa, que se podría llegar a pensar que los anteriores huracanes a éste, no fueron de gran importancia y por lo tanto los daños que estos ocasionaron no fueron de consideración. Con el afán de realizar un estudio más objetivo, en este caso solo se consideró un período de 20 años (de 1960 a 1980), antes del paso del huracán Gilbert por estas entidades, planteándose de esta forma otro objetivo, como es el de demostrar, que en dicho periodo, los daños causados por los efectos del huracán también fueron cuantiosos.

Además mediante esta investigación se pretende cubrir una parte del vacío de información que se tiene de estos fenómenos hidrometeorológicos que han afectado las costas del Sureste de México y principalmente mediante este estudio poner de manifiesto que los efectos generados por los huracanes, alcanzan en ocasiones valores extremos que deberán considerarse para el diseño de las obras costeras; ya que después del paso del huracán Gilbert quedó demostrado que las valores máximos que se presentan en esta tesis pueden presentarse en un periodo menor a 20 años, por lo que es necesario conocer más de los efectos que causan estos fenómenos hidrometeorológicos y cuáles son las zonas que resultan más vulnerables a estos efectos.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GENERALES DE HURACANES.

2.1 HURACAN.

La palabra huracán es una voz caribe de origen probablemente maya; entre los totonacas el dios Eheacatl, que significa trueno o tempestad, era una deidad muy temida entre las islas caribeñas y en todas las regiones costeras de la parte atlántica de Mesoamérica, una deidad junto a la cual el Dios griego de los vientos podría considerarse como un ser débil y la famosa caja de pandora como un juguete para niños.

El huracán (conocido como tifón en el sureste de Asia, como baguio en las Filipinas y como willy willies en Australia) es un fenómeno típico de los mares tropicales de las zonas templadas.

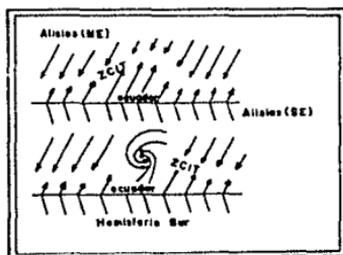
Teóricamente los vientos máximos sostenidos deberán alcanzar los 118 km/h para que el sistema sea considerado como huracán y al paso de éste la pluviosidad estará comprendida típicamente entre 100 y 250 mm y en un caso intenso puede registrarse hasta 1000 mm, pudiendo llegar sus vientos teóricamente hasta más de 300 km/h. El conjunto del sistema sigue a menudo una trayectoria hacia el Oeste (semejándose al de una parábola) en latitudes bajas y regularmente recurva al norte a mayores latitudes (llegando a describir la parábola). La velocidad de traslación está comprendida normalmente de 10 a 40 km/h. El diámetro de influencia del meteoro puede tener en muchas ocasiones más de 1000 km. La energía desprendida del huracán promedio es equivalente a 10,000 bombas atómicas como la de Hiroshima (Luna Bauza, 1977) o en un sólo día del orden de 10,000 veces superior a la energía generada por la presa "El infiernillo" (6 millones 72 mil watts, ref Albarran, 1989) . Por ello se afirma que el huracán del caribe, es un símbolo mucho más potente que el de el Dios "Eolo", progenitor de las tormentas del mar Egeo, en el Mediterráneo.

2.2 GENESIS DEL HURACAN.

La temporada de huracanes se inicia cuando el Ecuador Climático se desplaza temporalmente en dirección de los polos. El paso de este intenso calor

ecuatorial provoca que el aire se vuelva más caliente y el caldeoamiento superficial del agua del mar, creando así una zona de baja presión, lo que da lugar al inicio de la temporada de huracanes, que esta comprendida entre los meses de Mayo a Noviembre.

El movimiento ciclónico se inicia generalmente, por vientos alisios que se encuentran de frente y empiezan a girar en torno a su punto de convergencia, pero esto sólo puede ocurrir cuando la zona intertropical de convergencia se ha desplazado del Ecuador (ver fig.1) de tal manera que la rotación de la Tierra pueda producir la fuerza de Coriolis.



El diagrama muestra como los vientos alisios de ambos hemisferios producen una zona de convergencia intertropical aproximadamente en la latitud 5° Norte.

Fig. 1 Zona de Convergencia Intertropical.

Esto no ocurre directamente sobre el Ecuador, donde existe la llamada calma ecuatorial, sino entre las latitudes 5 a 10° del hemisferio Norte, adquiriendo un giro en sentido contrario a las manecillas del reloj o giro ciclónico, lo que da origen a una perturbación y si la superficie del mar es lo suficientemente cálida, a una tormenta tropical o a un huracán (llamados en forma genérica ciclón tropical).

El meteoro se presenta durante la estación cálida, cuando la temperatura de los mares del trópico llega a los 26 ó 27° C (grados Celsius). Este calor unido a una humedad muy elevada, son las condiciones indispensables para que se desarrolle la inestabilidad vertical, típica de los ciclones.

En lo niveles bajos los vientos giran en forma convergente dirigiéndose paulatinamente hacia el centro de baja presión (ver fig.2); su rapidez aumenta conforme se acercan a ese punto.

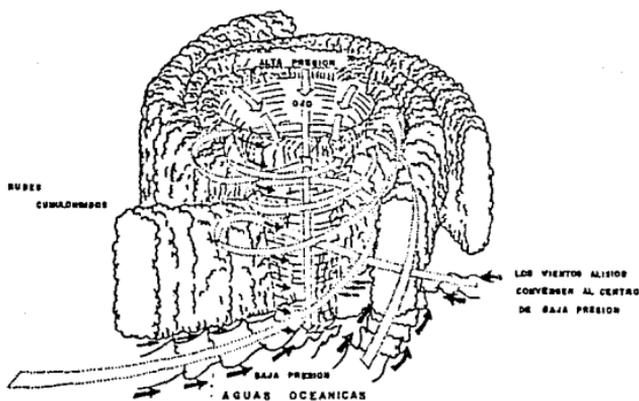


Fig. 2 Formación de un huracán.

Al converger los vientos alisios en la zona intertropical, traen consigo un alto índice de humedad. Este aire caliente y húmedo alcanza altitudes que rebasan los 10 kms. y pueden llegar hasta los 15 kms., encontrándose frío el aire en estos niveles y perdiendo necesariamente su humedad (ver fig. 3); este es el proceso atmosférico que origina las fuertes lluvias (chubascos y aguaceros), al propiciar la formación de nubes convectivas (de desarrollo vertical) cumulonimbos. Durante esta etapa de desarrollo, el fenómeno hidrometeorológico recibe el nombre de depresión tropical y sus vientos pueden llegar a alcanzar la velocidad de 61 km/h.

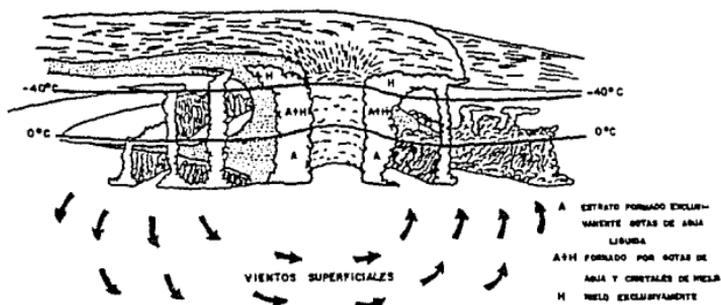


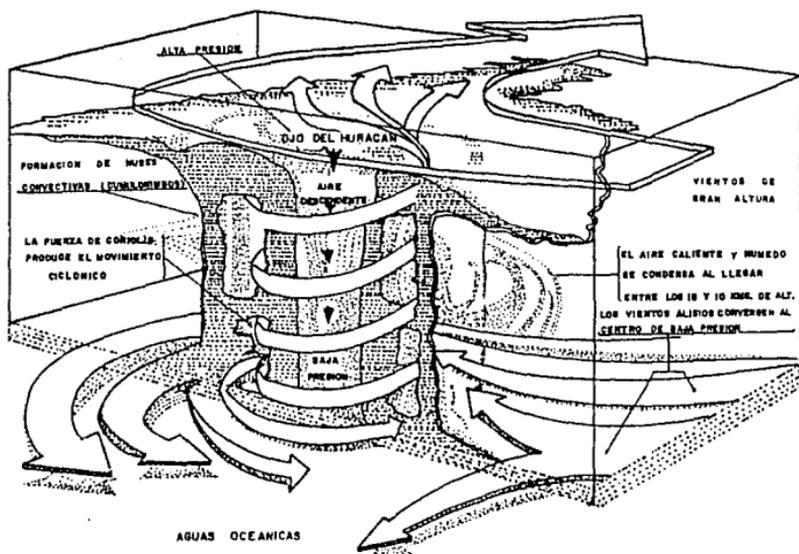
Fig.3 Cambios físicos de la estructura del huracán.

El aire que se ha enfriado en altitud, descendiendo debido a su mayor peso, la columna de aire descendente recibe un movimiento de giro por la rotación de la Tierra, creando así una bolsa de aire, que es el ojo o centro del huracán, zona de aparente calma en la cual la temperatura, es 3°C (grados Celsius) más alta que en la periferia de la tormenta. En este momento, el meteoro recibe el nombre de Tormenta Tropical y sus vientos estarán comprendidos entre 62 y 117 km/h y es también a partir de este momento, cuando el meteoro se bautiza con un nombre de mujer o de hombre, cuya letra inicial indica su orden de aparición en la temporada.

La gran mayoría de las tormentas tropicales que surgen cada año sobre los mares tropicales se quedan en esta fase y después se debilitan y disuelven.

Los raros casos en que la tormenta tropical evoluciona a huracán se deben por una parte, a que en la porción elevada de la tormenta, a unos 10 kms. de altura, pasa casualmente y se acopla con un remolino anticiclónico (donde el viento gira en el sentido horario y hacia afuera). Este es el mecanismo que acelera la formación del llamado ojo del huracán, caracterizado por un área circular desprovista de nubes, donde el aire en vez de ascender -como en el perímetro del vórtice-, desciende y consecuentemente se calienta por compresión de los niveles bajos. Es decir en un radio de 10 a 100 kms. el aire está casi en calma y se presentan corrientes descendentes que impiden la formación nubosa (ver fig. 4).

Si este aire tibio del "ojo" se calienta por arriba de los 6° C más con respecto al aire exterior de la tormenta, están dadas las condiciones para que la tormenta continúe su desarrollo y se convierta en un huracán. En este punto la intensidad del viento máximo puede alcanzar velocidades comprendidas entre los 118 a 300 km/h en unas cuantas horas de haberse formado y pueden llegar a durar días incluso semanas, hasta que se desvanecen al llegar a tierra o a aguas frías, donde entonces dejan de recibir el suministro energético que proporcionaba el vapor de agua de los mares cálidos.



PERFIL DE UN CICLON TROPICAL

2.3 ZONAS CICLOGENAS.

De acuerdo a las observaciones que se han realizado en todo el mundo, para la localización de los ciclones tropicales, en la actualidad se han identificado ocho zonas generadoras de huracanes (ver fig.5), de las cuales, dos de ellas afectan directamente la totalidad de las costas mexicanas.

Las ocho zonas generadoras de los ciclones tropicales, se encuentran cercanas al Ecuador y en ambos hemisferios; en el hemisferio norte se encuentran cinco zonas.

2.3.1 Zonas generadoras de huracanes el mundo.

La primera zona ciclógena o de la Indias Occidentales, se localiza en el Atlántico Norte y es precisamente aquí donde se originan los huracanes que viajan por el mar Caribe alcanzando la Península de Yucatán y la vertiente del Golfo de México, así como las costas del Este y Sureste de E.U.A.

La zona ciclógena II, se localiza en el Océano Pacífico Nor-Oriental, aquí se forman los ciclones que afectan las costas del Pacífico Mexicano.

La zona ciclógena III, se encuentra en el Océano Pacífico Occidental, aproximadamente entre las Filipinas y las Islas Marshall, los Tifones que se generan en esta zona castigan las costas de China y las Islas japonesas, así como a las Filipinas (donde se llaman baguios).

La zona ciclógena IV, esta ubicada en el Golfo de Bengala y los ciclones afectan a Bangladesh y la costa oriental de la India, alcanzando en ocasiones el Mar de Arabia.

La zona ciclógena V, se encuentra en el Mar de Arabia. En el hemisferio sur se encuentran las otras tres zonas generadoras de ciclones tropicales. Pero a diferencia de las zonas del hemisferio norte, la rotación de los ciclones es en el sentido horario.

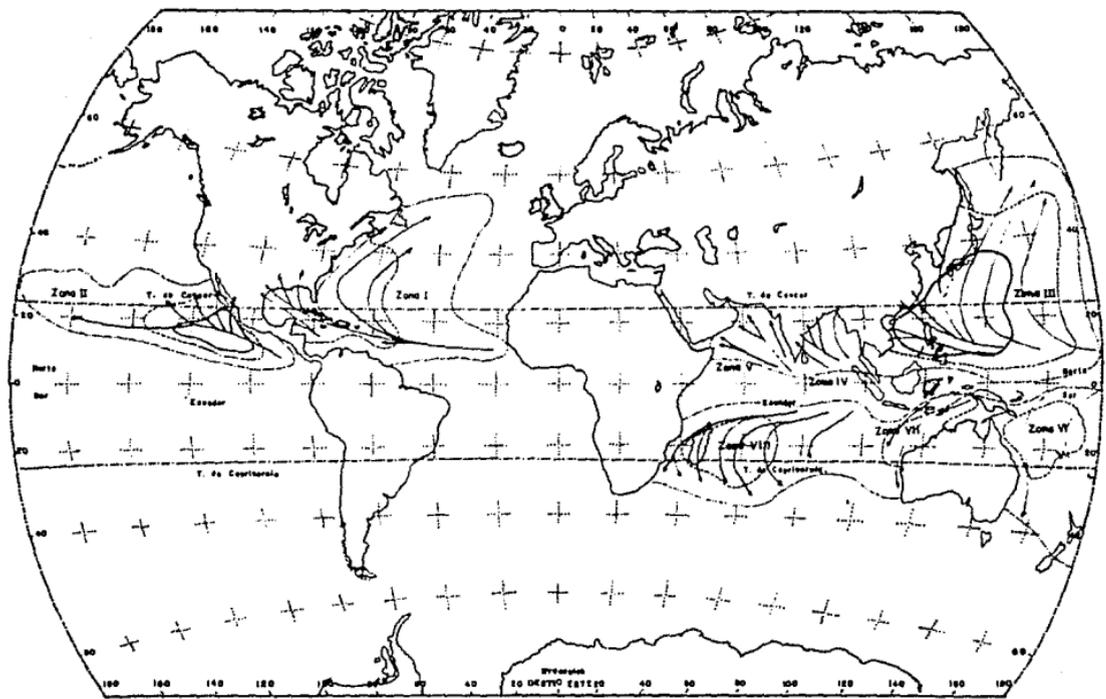


fig. 5 ZONAS CICLOGENAS DEL MUNDO.

La zona ciclógena VI, se localiza al NE de Australia y al Sur de Polinesia; los willy willy que viajan al W afectan las costas del N y del E de Australia, llegando a alcanzar el sur de Indonesia.

La zona ciclógena VII, se encuentra en el SW del Océano Indico, frente a las costas del NW de Australia, donde los willy willy afectan las costas Occidentales de Australia, Sumatra y la Isla de Java.

La zona ciclógena VIII, se ubica en el SW del Océano Indico, donde se crean los ciclones que arriban a las costas sur-orientales del Continente Africano y la Isla de Madagascar.

2.3.2. Huracanes que afectan las costas del Sureste de México.

Los huracanes que entran a las costas mexicanas del Sureste y Golfo de México, pertenecen a la zona ciclógena I y han sido estudiados más a fondo por el Centro de Previsión del Golfo, que se encuentra en el Estado de Veracruz. Dicho Centro, ha establecido que se subdivide ésta zona ciclógena en tres zonas matrices o de origen (Luna Bauza, 1977) y en ellas los huracanes aparecen con distinto grado de intensidad, ya que van creciendo a medida que progresa la temporada, que se extiende desde la última decena de Mayo hasta la primera quincena de Octubre y algunos se han llegado a presentar a principios de Noviembre, como se muestra en la Tabla 1, que señala las frecuencias medias de ocurrencia de los huracanes que se presentan en el Atlántico del Norte, consignando así la temporada ciclónica (Munich Re, 1988).

En la tabla se observa, que en los meses finales Agosto, Septiembre y Octubre, los meteoros pasan de sistemas lluviosos a depresionarios, luego a tormentas tropicales y finalmente a huracanes; sin que con esto se excluya la posibilidad de que queden en la primera fase.

CUENCA MARITIMA Y							
NOMBRE DEL TEMPORAL ENE FEB MAR ABR MAY JUN JUL							
Atlántico del Norte							
Temporal tropical	*	*	*	*	0.1	0.4	0.3
Huracanes	*	*	*	*	*	0.3	0.4
Total de C.T.	*	*	*	*	0.2	0.7	0.8

AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
					2
1.0	1.5	1.2	0.4	*	4.2
1.5	2.7	1.3	0.3	*	5.2
2.5	4.3	2.5	0.7	0.1	9.4

(C.T. ciclones tropicales) (* menos de 0.05, vientos >90 km/h)

Tabla 1. Frecuencia Media de los Ciclones Tropicales.

Nota: Las frecuencias anuales no son directamente la suma de las frecuencias mensuales, pues un mismo huracán puede contabilizarse durante dos meses seguidos.

Las tres zonas matrices de huracanes que afectan las costas del Sureste de México son:

Región Matriz del Golfo de México

Región Matriz del Caribe

Región Matriz del Atlántico

Siendo las dos últimas las que afectan con mayor intensidad las costas de México (ver fig.6), ya que en el recorrido que siguen los huracanes, antes de llegar a las costas mexicanas, reciben una autoalimentación de las aguas cálidas del Caribe y del propio Golfo de México, lo que propicia que lleguen con una gran intensidad a las costas mexicanas del Atlántico Occidental.

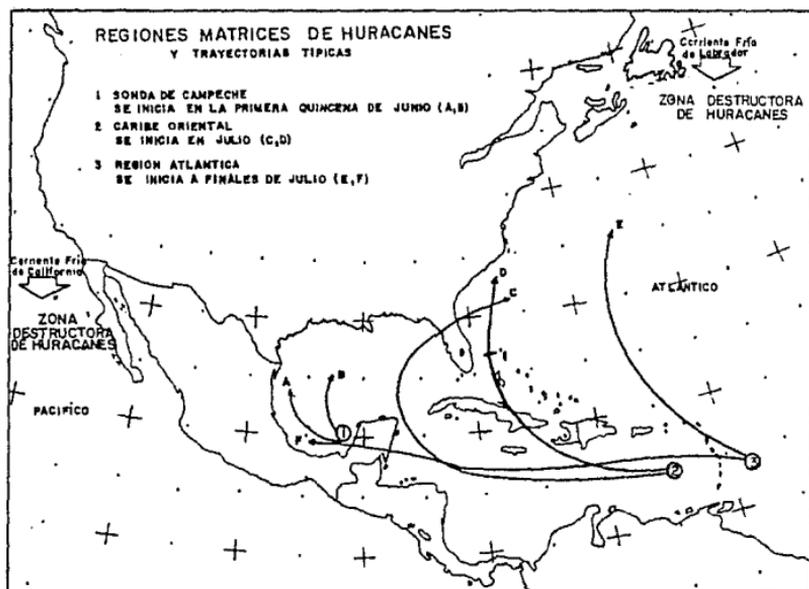


Fig.6 Regiones Matrices de Huracanes.

Los huracanes que se forman en la región *Matriz del Golfo de México*, se originan en la sonda de Campeche y entran en acción en la primera quincena de Junio, en latitud próxima a los 22° grados Norte, su trayectoria es hacia el N y NW, no llegan a describir la parábola.

La zona *Matriz del Caribe*, se ubica en la latitud 13° grados norte aproximadamente, estableciéndose en el mes de Julio cuando el caldeamiento a invadido la región insular de las pequeñas Antillas, formándose huracanes de gran recorrido y potencia extraordinaria especialmente los formados durante Agosto, Septiembre y Octubre, llegando algunos a cruzar la Península de Yucatán, para azotar los Estados de Tamaulipas y Veracruz, después de haberlo hecho en las entidades de la citada Península. Estos huracanes presentan una trayectoria parabólica bien definida, por lo que, de arribar a latitudes mayores a 25 grados recurvan hacia el Norte, lo que los lleva a atravesar la Península de la Florida para salir al Atlántico.

Otros inician su recurva al Norte anticipadamente, dentro del Caribe, entre la Isla Swan y Cozumel, o antes, quedando las grandes Antillas en su camino hacia el Atlántico, mientras algunos que penetran al Golfo de México, no llegan a describir la segunda rama de la parábola, haciendo impacto sobre las costas de E.U.A., notándose una curiosa preferencia por la desembocadura de los ríos, como si el relieve orográfico ayudase a su encauzamiento, lo que constituye un peligro potencial por temporada para los habitantes de las cuencas de los ríos Bravo y Mississippi.

La zona *Matriz del Atlántico*, se ubica en las latitudes 8 y 12 grados Norte, al Sur de las Islas de Cabo Verde y ocurre a finales de Julio, especialmente Agosto, contando con los huracanes de mayor recorrido y potencia, y su comportamiento es muy similar a los originados en el Caribe.

Las zonas matrices mencionadas antes, sufren desplazamientos que obedecen a los centros de máximo caldeamiento marítimo, quienes a su vez están sujetos al movimiento interactuante, de las corrientes: fría de California y contra corriente cálida Ecuatorial en el Pacífico; y en la deriba de las ramificaciones de las cálidas aguas del Golfo, tanto en su recorrido interior como exterior al Caribe, por intrusiones de la corriente fría del Labrador.

2.3.3. Término de los huracanes.

En sentido adverso al inicio de la temporada de los huracanes, en el que fue necesario la incidencia solar en los trópicos, para que el caldeoamiento del mar provocara centros de baja presión, de los que se originaba el inicio de la temporada de huracanes, la ausencia de estos factores, provoca el término de la temporada de huracanes, debido al inicio de la estación otoñal, ya que deja de recibir el sustento energético que le daban las aguas cálidas y en esta estación además, se tiende a uniformar las temperaturas oceánicas, desvaneciendo el gradiente térmico sobre las regiones matrices. La uniformidad térmica se logra por los siguientes factores:

-Por la disminución de la radiación calórica debido a la mayor inclinación con que inciden los rayos solares, sobre el hemisferio Norte.

-Por la presentación más al Sur de las aguas marítimas frías que presentan poco contraste con la parte continental, debido al rápido enfriamiento de la superficie terrestre.

-Por el inicio de la actividad meteorológica extratropical que se produce en mayor frecuencia de "nortes" en el Golfo de México, lo que con el mayor oleaje originado favorece la mezcla de aguas cálidas y frías, homogenizando las temperaturas, presentándose como consecuencia una inversión de temperatura que provoca un equilibrio atmosférico completamente estable, mismo que no podrá producir el nacimiento de perturbaciones tropicales y por consiguiente desaparece la región matriz de huracanes.

Estos factores son los que se presentan al final de la temporada de huracanes, pero en plena temporada de huracanes los factores que provocan el término de un huracán son que dejan de recibir el sustento energético de las aguas cálidas y normalmente se disipan al entrar a tierra ya que el rozamiento con la irregular superficie del suelo provoca un ensanchamiento nuboso del meteoro y provoca la detención del mismo y su posterior disipación en fuertes lluvias.

Otra razón del fin de un huracán es el de seguir una trayectoria que lo lleve a la corriente Fría de el Labrador que lo deja en condiciones de disiparse.

2.4. MEDIOS DE DETECCION Y DE LOCALIZACION DE HURACANES.

Es importante la localización de huracanes para poder prevenir y proteger a la población. El sistema de aviso constituye el elemento primordial para la protección contra los desastres naturales, y la finalidad es la de reducir al mínimo las pérdidas de vidas y daños y facilitar con eficacia y en tiempo oportuno, las labores de salvamento auxilio y rehabilitación.

La prevención y protección contra estos meteoros naturales, consiste en una amplia gama de medidas, unas a largo y otras a corto plazo, ambas ancauzadas a salvar vidas y limitar daños.

La prevención trata aspectos a largo plazo, en lo que respecta a políticas y programas.

El Sistema Nacional de Protección Civil, en la Secretaría de Gobernación, se encarga de coordinar a las secretarías e instituciones que realizan actividades o investigación destinada a ayudar a la población ante la presencia de cualquier fenómeno hidrometeorológico. La importancia de esta secretaría radica, en que con anterioridad no existía sistema alguno que se encargara de la coordinación de avisos a las zonas de afectación y por esta razón, los daños materiales y de vidas eran cuantiosos. Además de políticas y programas se deben tomar medidas correspondientes a:

- la evaluación del riesgo ciclónico y sus efectos
- la planeación urbana
- los reglamentos de construcción y uso del suelo
- la planeación de la actividad económica.

Las medidas a corto plazo tienen por objeto tomar las iniciativas que procedan durante la aproximación de un posible desastre, durante la existencia de dicho peligro y en el período subsiguiente al mismo destinado al salvamento y rehabilitación de la zona afectada. El centro vital de este sistema de aviso es el Servicio Meteorológico Nacional, de la Comisión Nacional del Agua, dependiente de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, responsable de la predicción de los ciclones tropicales en los mares vecinos y de predecir donde y cuando entraran en el país, además se encarga de determinar las características que se espera que tenga el ciclón en lo que respecta a fuerza de viento y lluvia. Durante la existencia del meteoro y después de éste, La Secretaría de Salud, La Secretaría de Marina, La Secretaría de la Defensa Nacional, La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, La Secretaría de Programación y Presupuesto, La Secretaría de Recursos Hidráulicos y la Comisión Federal de Electricidad, se encargan de evacuar, atender y reubicar a las personas afectadas, además de ocuparse de la rehabilitación de zonas e instalaciones dañadas.

La ciencia y práctica de la predicción meteorológica dependen de los datos que se obtengan en una amplia zona y de los medios de telecomunicación para que estos datos sean reunidos de las numerosas estaciones de observación y puedan ser emitidos, para que los interpreten todos los servicios que los requieren. Los medios de detección y de localización de huracanes se pueden clasificar en naturales y artificiales.

2.4.1. Medios Naturales para la Detección de huracanes.

Los medios naturales no definen claramente la posición de un huracán, pero sí indican la existencia de estos. Se hacen visibles para los observadores por el arraste que hacen de las nubes cirrus y cirro estratos, que llegan a gran distancia viniendo rápido del Este y Sureste, cosa que por inusitada constituye el primer indicio de que se aproxima un huracán, ya que en nuestra latitud, esas nubes normalmente viajan del suroeste.

Otro indicio de la presencia de un huracán es el mar de leva. Cuando un meteoro se ha formado pero está lejos, sin detectarse hay una ondulación en la superficie del mar que avisa del fenómeno. Esta onda viaja a una velocidad aproximada de 500 km/h, mientras que un huracán viaja mucho más lento, por lo que el mar de leva llega primero. El período de oscilación es de 20 segundos aproximadamente. Este indicio indica la presencia del huracán, aunque no se sabe donde azotará. Por la rapidez con que se desplaza el oleaje, llega con fuerza a lugares alejados hasta 1500 km. del huracán y contrasta con la dirección de las olas que por el efecto del viento en esos sitios debería corresponder. Además se presenta cuando la alteración del barograma apenas empieza a mostrarse.

Estos métodos o indicios de detección de huracanes, fueron los únicos disponibles en siglos pasados, pero el avance tecnológico los hace menos importantes, excepto en zonas apartadas e incomunicadas.

2.4.2. Medios artificiales para la localización de huracanes.

Son los creados por el hombre, para poder seguir la trayectoria del huracán y además son con los que cuentan los países expuestos a los ciclones tropicales, en vista de que los análisis y predicción de las condiciones atmosféricas exigen de datos de éstos. La Organización Meteorológica Mundial ha establecido normas generales aplicables a las redes de estaciones de observación. La red normal o básica debe incluir estaciones de observación que faciliten la adquisición de los elementos meteorológicos en la superficie y en la altitud y contar también con equipo capaz de captar las imágenes de nubosidad procedentes de los satélites.

Las instalaciones necesarias para el seguimiento de los huracanes son:

-Estación de radar meteorológico.

El equipo de radar funciona con una longitud de onda de 10 cm, tiene un

alcance eficaz de unos 400 kms. para la localización de los ciclones tropicales, y permite observar su movimiento y determinar la naturaleza e intensidad de los sistemas nubosos y lluvias asociadas. La principal ventaja del radar meteorológico es que dentro de su alcance, permite vigilar continuamente al ciclón tropical, con lo cual, el Servicio Meteorológico puede facilitar información precisa y segura a medida que dicho fenómeno se aproxima a la zona amenazada. Por la pantalla del radar se pueden observar el ojo, el muro de nubes, el núcleo de lluvia y sus ramificaciones. Por todo lo anterior, se concluye que el radar meteorológico da una imagen clara de las características de mayor importancia, para predecir la intensidad, desarrollo y movimiento de un ciclón tropical.

-Estaciones auxiliares de observación.

Estas estaciones pueden funcionar permanentemente, pero principalmente, tan pronto como se difunda un aviso provisional de ciclón tropical o convenientemente durante el período en que se sabe que estos ocurren; deberán estar equipados para registrar la presión, viento, lluvia, oleaje y marea. Deben estar instalados a lo largo de la línea costera y en emplazamientos significativos tierra adentro.

-Informes procedentes de los aviones y barcos de importancia.

Los informes procedentes de los aviones comerciales o de otras aeronaves son siempre de gran utilidad, puesto que permiten obtener datos de zonas distantes de la red básica de observación. Cuando se sabe de la existencia de un huracán se exige la transmisión de datos meteorológicos en vuelo por parte de cualquier avión que tenga que volar en las proximidades de la tormenta o de los barcos de gran calado que se encuentren en similar situación, sin importar la nacionalidad de ambos.

-Informes de aviones de reconocimiento y aviones cazahuracanes.

Los aviones de reconocimiento de los E.U.A. y a últimas fechas de Cuba, penetran en los huracanes en el Atlántico Norte y en los tifones en el Pacífico. Estos vuelos permiten obtener información meteorológica muy útil, en

la que se incluye la posición del centro, las características de la estructura de las nubes y de la distribución de temperaturas, viento y presión. Los informes de los aviones de reconocimiento, recibidos directamente de la región central de los huracanes y tifones, han sido de inmensa utilidad para fines de aviso.

-Medios de Telecomunicación.

El Servicio Meteorológico Nacional, requiere un complejo sistema de telecomunicaciones con objeto de poder reunir y retransmitir los datos obtenidos de la red nacional y también participar en la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

En la actualidad los huracanes son localizados particularmente por medio de satélites, capaces de tomar fotografías para determinar la distribución del sistema nuboso e identificar huracanes alejados de las zonas costeras, así como de informar sobre las temperaturas superficiales y a profundidad en regiones marítimas. Como estos instrumentos poseen equipos con dispositivos a base de luz infrarroja, las informaciones son tomadas día y noche; lamentablemente es a partir de 1961, cuando empieza a operar la transmisión de fotografías meteorológicas y es a partir de este año cuando se obtienen datos más precisos de la generación y trayectoria de huracanes.

2.5. PRINCIPALES CAUSAS DE DAÑOS POR HURACANES.

Debido a la frecuencia periódica, en que se presentan los huracanes, han dejado una estela de daños cuantiosos, por las zonas afectadas. En algunas ocasiones han propiciado, situaciones realmente catastróficas, normalmente en zonas industriales o densamente pobladas que se encuentran en la trayectoria del huracán, un ejemplo notable, fueron los destrozos e inundaciones que provocó el huracán "Fifi", en Honduras, los días 16 al 20 de Septiembre de 1974, cuando al pasar por el lado oriental de este territorio y al dejar sentir sus efectos, provocó la muerte de 10,000 personas y dejando a 500,000

más damnificados; produjo daños estimados en \$1,800,000,000 (de dólares americanos de Septiembre de 1974) y tan sólo en la producción de alimentos, provocó la pérdida de \$500,000,000 de dólares. Estas pérdidas son aún más significativas si se considera que el producto nacional bruto de esta nación era de \$ 700,000,000 de dólares.

Los efectos catastróficos que dejan los huracanes en las distintas regiones afectadas no deben de ser olvidados, pero si deben servir como experiencia para la prevención y la planificación de los centros de desarrollo de las zonas afectadas, ante la inminente presencia de estos fenómenos hidrometeorológicos.

El poder destructivo de un huracán puede ponerse de manifiesto a través de sus cuatro principales efectos:

- Marea de Tormenta
- Oleaje
- Viento
- Lluvia

2.5.1. Marea de tormenta o ras de mar.

La marea de tormenta es una sobreelevación del nivel medio del mar más la marea astronómica y son varios los factores los que la generan, pero principalmente es el campo de vientos del huracán, que al ejercer una fuerza cortante sobre la superficie del mar, produce la sobreelevación del nivel del mar, aunque esto sólo puede ocurrir en aguas someras, ya que en aguas profundas sólo la baja de presión produce una sobreelevación del nivel del mar (tumefacción) que actúa independiente de la profundidad local. La marea de tormenta (en el Hemisferio Norte) es mayor en el lado delantero derecho de la trayectoria del huracán, que la que se genera en su lado opuesto simétrico a éste, esto se debe principalmente, a que conforme se aproxima el huracán a la costa, los vientos que actúan del lado derecho de la trayectoria, actuarán ahora en dirección normal a la costa, estos vientos que en aguas profundas

provocaban sólo oleaje, ahora al incidir éste en la costa, provoca la sobreelevación del mar, al no encontrar este oleaje una salida.

Las mareas de tormenta más significativas se producen cuando los vientos ejercen su fuerza cortante en dirección normal a la costa. En caso de que el ojo del huracán pase sobre la costa, la marea de tormenta puede tener un efecto negativo, ya que el viento que en un momento dado azotaba a la costa, después del paso del ojo del huracán los vientos estarán actuando en dirección opuesta a ésta. Este es el efecto que provoca el descenso del nivel del mar, que antes por el efecto de marea de tormenta se encontraba en su máximo y después del paso del ojo del meteoro se puede llegar a alcanzar una marea de tormenta de elevación negativa. Este fenómeno se presentó en la población de Telchac Puerto, Yucatán, en Septiembre de 1967, cuando el paso del huracán Beulah por la Península de Yucatán, afectó la totalidad de las poblaciones de la citada Península (pero sólo en Telchac Puerto, se reportó este fenómeno). En esta población la marea de tormenta y el oleaje generado por el huracán Beulah, inundaron el muelle y playa de esta localidad, pero el paso del ojo del huracán por esta población, provocó que los vientos que inicialmente afectaban la playa, cambiaran su dirección hacia el mar, este efecto de cambio de dirección del viento causó, que este oleaje y marea de tormenta se retiraran de la playa hasta unos 60 metros hacia mar adentro, dejando el fondo del mar como parte del paisaje por algunas horas.

Los daños más representativos son los generados al inundarse obras y poblados próximos a la costa, en donde además se tiene la presencia del oleaje, viento y corrientes que producen daños en la infraestructura y casas.

A continuación se mencionan los principales factores que influyen para que se tenga marea de tormenta :

- *Fuertes vientos*, al incidir estos en las aguas oceánicas en forma casi paralela, la fuerza del viento produce una fuerza cortante, que provoca la sobreelevación del nivel medio del mar y del oleaje.
- *Presión baja en el centro de la tormenta*, este factor es importante debido a

que, mientras la presión sea más baja en el centro de la tormenta que en la zona circundante a ésta, el huracán es más intenso, y como la velocidad del viento esta en función de ésta diferencia de presiones, esto provoca que, a bajas presiones corresponden altas velocidades de viento.

- *Configuración de la costa*, este factor puede actuar a favor o en contra de la generación de la marea de tormenta; las bahías, estuarios y otros entrantes, propician la sobre-elevación de la marea de tormenta.

- *Pendiente de la plataforma continental*, mientras menos inclinada sea la pendiente de la plataforma continental, mayor será la marea de tormenta, aunque cabe aclarar, que para que ésto ocurra, la plataforma continental no debe ser muy profunda, si la plataforma continental es muy profunda, sólo se crearan olas altas.

- *Ángulo entre la trayectoria del huracán y la línea de la costa*, este factor influye directamente en la magnitud de la marea de tormenta, si el ángulo de incidencia, es casi paralelo a la costa, la marea de tormenta será inferior, a la que se podría generar, si este ángulo fuera de 90°.

- *Fase con la marea astronómica*, la marea de tormenta es la suma de la marea astronómica con la sobre-elevación de el nivel del mar provocado por los vientos del huracán.

- *Efectos de lluvia*, este efecto se presenta en vertientes de ríos, al coincidir la descarga de estos con la marea de tormenta.

- *Rompimiento del oleaje*, esta en función de la batimetría y del material del fondo del mar.

- *Topografía costera*, el fondo del mar actúa como disipador de energía, pero esto aumenta, cuando el fondo es más discontinuo (formaciones tectónicas, arrecifes, etc.)

- *Convergencia de corrientes generadas por el viento en el mar*

- *Resonancia en bahías y estuarios.*

La marea de tormenta alcanza mayor altura en regiones donde la plataforma continental es de pendientes tendidas, como en la costa Norte de la Península de Yucatán. Además en esta zona, una combinación de la marea de tormenta con el oleaje pueden producir efectos destructivos sobre la costa, pues al

Incrementarse el nivel del mar en este lugar donde la plataforma continental tiene cientos de kilómetros, permite la supervivencia de un oleaje mayor sin romper y perder energía. Esta combinación aunada con la acción del viento y de la lluvia, hace que las zonas más afectadas (y de mayor riesgo para la población) sean las franjas costeras.

Se puede presentar una situación catastrófica, si se combina el efecto de la marea de tormenta y la avenida extraordinaria de algún río en costas cerradas (en bahías, ensenadas y estuarios) donde además de contar estos sitios con una marea astronómica muy grande, se suma a este nivel una cantidad inagotable de agua de mar producto de la sobreelevación por el paso del huracán. Un caso extraordinario que se recuerda es en Septiembre de 1974, cuando al pasar el huracán "Fifi" por la costa Norte de Honduras y al combinarse sus cuatro efectos causó la muerte de 10,000 personas, de estas, 4,000 fueron de la población de Chaloma, en este lugar la corriente de los ríos que pasan cerca de esta población, no pudo ser vertida al mar, debido a que la sobreelvación del mar que se generó en este sitio, provocó que estas regresaran en mayor volumen hacia la población, donde fueron detenidas por un monte cercano a esta población, que actuó como un gran dique, pero al reventar inundo a esta población con un alud de lodo, causando la muerte de más de 4,000 personas y la destrucción total de este pueblo.

En México, se presentó una situación similar en el Estado de Tamaulipas , al combinarse la marea de tormenta y la avenida en el cauce del Río Bravo, durante el paso del huracán "Beulah", los días 20 y 21 de Septiembre de 1967, la sobreelvación del mar no permitió la descarga normal del Río Bravo, lo que ocasionó el desbordamiento de éste, perjudicando a ambos lados de la frontera de México y E.U.A., ya que en el valle inferior el Río tenía un kilómetro y medio de ancho a 166 km del litoral del Golfo y afectó aproximadamente a 1,000,000 de personas en ambos lados de la frontera.

Las mediciones de la marea de tormenta se llevan a cabo mediante mareógrafos

(ver fig 7(a)) instalados normalmente junto a las desembocaduras de los ríos al mar. Los mareógrafos constan de un paquete electrónico hermético que contiene una grabadora de cassette o esta conectada a un centro de registro a través de cable submarino (ref. Comisión Federal de Electricidad, 1983)

2.5.2. Oleaje.

El oleaje se genera cuando la energía del viento se transfiere al mar y provoca un oleaje creciente bajo la duración de esta acción y dependiendo de la extensión de este campo de vientos. El oleaje generado crece en tamaño (longitud y altura) bajo la acción del viento, avanzando más rápido hasta que alcanza una velocidad igual a la del viento, en este momento no puede transferirse más energía y se alcanzan las condiciones máximas, pero como en un huracán son distintas las velocidades del viento dependiendo de la posición con respecto al centro, a estas velocidades también corresponden distintas alturas de ola.

En la práctica es común que se utilicen mapas de superficie para obtener la altura de ola ciclónica. Estos mapas están elaborados con base en el análisis de datos climatológicos, observados simultáneamente en diferentes puntos de un área muy amplia y muestran curvas de igual presión atmosférica (isobaras) y en base a expresiones matemáticas (Comisión Federal de Electricidad, 1983) se obtiene la altura de ola.

El oleaje que se genera en aguas someras o poco profundas, no puede aumentar más allá de ciertos límites que son determinados por la profundidad, la fricción que se desarrolla en el fondo y la condición de rompiente. Estos factores son los que se presentan típicamente en la costa Norte de la Península de Yucatán donde la plataforma continental alcanza cientos de kilómetros de extensión y donde el oleaje se ve afectado por su interacción con el fondo del mar, al perder energía por la fricción con el fondo del mar y en un cambio de dirección y altura, por la refracción y en rompientes debido a

las condiciones límites de profundidad (rompientes de aguas someras). Por lo que, para unas mismas condiciones de viento se puede esperar un oleaje máximo reportado en alta mar, mucho mayor al que se pueda alcanzar en la costa; que esta diferencia depende en gran parte de la batimetría de la costa y del material del fondo del mar.

La medición del oleaje se realiza mediante ológrafos (ver fig. 7(b)), estos instrumentos de medición constan de una caja sumergida, componentes metálicos, unidad registradora, etc. El ológrafo que se presenta en la fig. 7(b) (ref. Inter Ocean Systems, 1989) se basa en el principio de corrientes rápidas, además registra la dirección al determinar la velocidad circundante de los componentes, mediante bandas de frecuencias dadas, comparando la información obtenida con otros registros de altura de ola, por medio del sensor de presión corrige automáticamente la atenuación del fondo del mar. Este instrumento además realizó un análisis del estado del mar, indicando la interacción del oleaje con el fondo del mar, el transporte de sedimentos, la erosión en la costa, etc.

2.5.3. Vientos.

Las masas gaseosas atmosféricas se desplazan siempre de las zonas de alta presión a las de baja presión, a este movimiento del aire se le llama viento y la velocidad de este es directamente proporcional a la diferencia de presión que existe entre los puntos por donde sopla. En el caso de un huracán la característica esencial del campo de vientos es su estructura giratoria alrededor del ojo, producida por el equilibrio entre las fuerzas de presión, la centrífuga y la de Coriolis. En el hemisferio Norte el viento gira alrededor de los centros de bajas presiones en sentido contrario de la manecillas del reloj.

Para medir y registrar la velocidad y dirección del viento se usan anemocinémógrafos (ver fig. 7(c)). Estos instrumentos funcionan mediante un mecanismo automático, constan de un anemómetro registrador y una veleta también registradora. (ref. Martínez Sabatdeny, E., 1973).

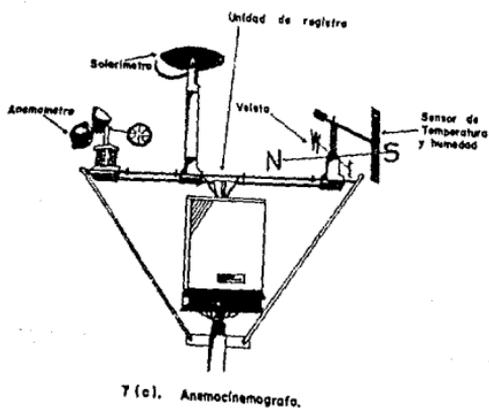
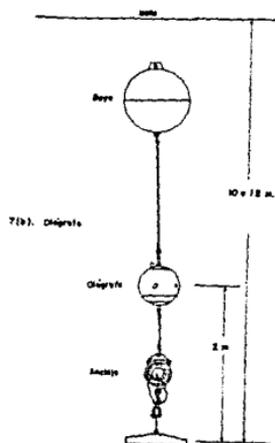
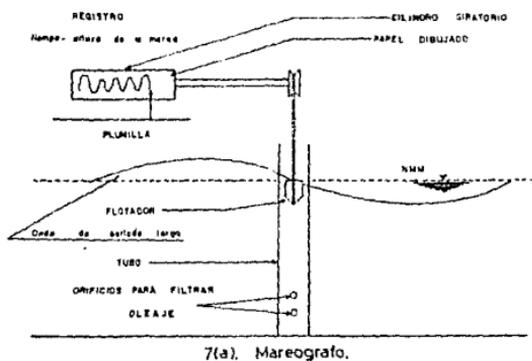


Fig. 7. Instrumentos para medir los principales efectos del huracán.

Los vientos de un ciclón tropical son muy fuertes y racheados y en un punto dado pueden persistir durante muchas horas, incluso un día o dos. Es importante comprender que cuando el centro u ojo del huracán pasan sobre un lugar, a los vientos fuertes que soplan en una dirección sigue un breve período de calma, a continuación del cual se producen vientos fuertes que soplan en dirección opuesta. Así que, cuando el ojo de un huracán pasa sobre una zona, no debe interpretarse como una indicación de que el peligro ha terminado. La energía cinética de los vientos huracanados, ocasiona gran parte de los daños materiales, por aumentar su fuerza en forma geométrica con respecto a la velocidad, ya que si la velocidad se duplica la fuerza se cuadruplica (los destructores efectos del viento de un ciclón tropical se deben a una combinación de su intensidad, su efecto racheado y su duración).

En base a la intensidad de los vientos se crearon las escalas de Beufort (ver Tabla.2) y la de Saffir-Simpson (ref. Munich Re, 1988). La primera relaciona la velocidad del viento con el oleaje promedio y empieza cuando el viento está en calma, hasta alcanzar la categoría de un huracán, normalmente es la más usada para medir los efectos del viento, aunque para relacionar la intensidad de los huracanes con el daño potencial que estos pueden ocasionar, se utiliza la escala de Saffir-Simpson (ver Tabla.3).

ESCALA DE BEUFORT		VEL. DEL VIENTO A 10	ALTURA PROMEDIO
Bft	CALIFICACION	m DE ALTURA km/h	DE LAS OLAS EN m
0	Calma	0 - 1	0
1	Brisa	1 - 5	0
2	Viento Suave	6 - 11	0 - 0.3
3	Viento leve	12 - 19	0.3 - 0.6
4	Viento Moderado	20 - 28	0.6 - 1.2
5	Viento Regular	29 - 38	1.2 - 2.4
D.T. 6	Viento fuerte	39 - 49	2.4 - 4.0
D.T. 7	Ventarrón	50 - 61	4.0 - 6.0
T.T. 8	Temporal	62 - 74	4.0 - 6.0
T.T. 9	Temporal fuerte	75 - 88	4.0 - 6.0
T.T. 10	Temporal muy fto.	89 - 102	6.0 - 6.0
T.T. 11	Tempestad	109 - 117	9.0 - 14.0
H 12	Huracán	118 -	más de 15 m.

D.T. Depresión tropical T.T. Tormenta tropical

H Huracán.

Tabla.2 Escala de Beufort

ESCALA DE SAFFIR SIMPSON DE HURACANES.				
SS	CALIFICACION	VEL. MEDIA DEL VIENTO EN km/h	* MAREA DE TORMENTA m	DANOS QUE CAUSA
1	Flojo	118 - 153	1.5-2.0	Ningun daño efectivo a edificios, daños a casas rodantes, arbustos y arboles.
2	Mediano	154 - 177	2.0-2.5	Daños considerables a vegetación y carreteras costeras.
3	Fuerte	178 - 209	2.6-3.9	Provoca daños ligeros a construcciones
4	Muy Fuerte	210 - 249	4.0-5.5	Erosión importante en playas, graves daños a edificaciones cercanas a la costa
5	Devastador	250 -	5.6-	Daños a casa residenciales y edificios industriales, graves daños a la costa.

* para incidencia perpendicular a la costa.

Tabla.3 Escala de Saffir-Simpson.

2.5.4. Lluvia.

Los huracanes casi siempre van acompañados de lluvias intensas, a medida que se desplazan procedentes de los océanos. En una estación meteorológica, la cantidad total de lluvia observada durante el paso del huracán puede exceder de 250 mm, caída en un período tan corto como de 12 horas. En cualquier caso se producirá gran riesgo de inundación fluvial, que puede causar la pérdida de vidas y muchos daños. La topografía de un país ejerce una importante influencia en las lluvias; si existen montañas cerca de la costa en el recorrido de un huracán, la lluvia puede alcanzar valores extremos.

Las fuertes precipitaciones pluviales que estan asociadas a los huracanes dependen de la prontitud con que viaja el ciclón tropical, de su radio de acción y del área formada por nubes convectivas cumulonimbus.

Las principales causas de daños son los deslaves, el desbordamiento de ríos e inundaciones, corte de vías de comunicación terrestre, etc.

La medición y registro de la precipitación pluvial y de la intensidad de la lluvia se lleva a cabo con pluviómetros y pluviógrafos.

Si se canalizaran correctamente las precipitaciones pluviales, se evitarían los riesgos de inundación de los lugares expuestos a éstas. De igual forma si se contara con la infraestructura y presas de almacenamiento suficientes, se podrían llenar las presas, para generar energía eléctrica o para irrigación, suficientes para mantener una elevada producción y obtener los beneficios, hasta que se vuelva a presentar el período de lluvias o el mismo ciclo de ocurrencia de huracanes.

2.6. EL SURESTE DE MEXICO, EN LA TRAYECTORIA DE HURACANES.

Para que una nación alcance un alto nivel de desarrollo, debe de considerar un crecimiento equitativo de sus entidades; el abandono en que se encuentran algunas entidades, es causa de la desigualdad social característica de los pueblos subdesarrollados. La importancia que tendrán las entidades costeras para el desarrollo del país es eminente, la producción e instalaciones con que cuenten, propiciarán el desarrollo o el colapso de nuestra economía, debido a que ningún país puede estar aislado del comercio mundial. El Sureste de México, ha dejado de ser una opción para el desarrollo nacional, para convertirse en una necesidad su integración. Su condición geográfica es propicia y allenta el desarrollo de la región, ya que denota una relativa cercanía con los actuales centros de producción (E.U.A. y Europa).

Para poder alentar el desarrollo del Sureste de México, es necesario que en la planeación que se haga de las zonas de producción, población e instalaciones portuarias, se tomen en cuenta los efectos que producen los huracanes en estas entidades.

Ante la evidente presencia de los huracanes en la zona Sureste de México, no existe otro camino más que el de la planeación y la prevención, antes de esperar a la reconstrucción. Los cinco Estados que integran esta zona, están dentro de la zona de afectación de los huracanes, que se generan en la zona ciclógena del Atlántico Norte.

La experiencia que han dejado los huracanes que afectan esta zona, nos indican, la vulnerabilidad a la que están sujetas nuestras costas, lamentablemente debido a la limitada existencia de datos de observación de estos fenómenos hidrometeorológicos, no se ha podido comprender hasta que punto afectan a la obras marítimas o instalaciones costeras.

La instrumentación instalada a lo largo de las entidades costeras, es limitada, los observatorios existentes proporcionan muy poca información (en algunos casos ninguna) del paso de los huracanes en las costas nacionales; como resultado de esta carencia, no se han podido realizar normas y criterios de diseño adecuados para el análisis y construcción de las obras marítimas e instalaciones portuarias. Los proyectistas y constructores han recurrido a normas y criterios de otros países para diseñar y construir las obras en el país; pero, al no poder ajustarse estos realmente a las características (topografía costera, batimetría, configuración de la costa, etc.) de las costas nacionales, al presentarse estos fenómenos, se producen las fallas parciales o totales en las estructuras.

En la actualidad es necesaria la instalación de equipo automático, para el registro de información, ante el paso de estos meteoros, su instalación se puede realizar en islas, aeropuertos, plataformas petroleras y sobre la misma playa.

La información que se obtenga servirá para crear nuevas normas de construcción y para zonificar las áreas de más alto riesgo, lo que ayudará a prevenir y limitar los daños, de infraestructura e instalaciones costeras; sólo así,

podremos dejar el papel de simples espectadores ante los daños que causan los huracanes.

El crecimiento que han experimentado Quintana Roo y Yucatán, hacen necesario tomar medidas a largo plazo, tales como el control de inundaciones, control de aprovechamiento de tierras y normas de delimitación de zonas de construcción de edificios y de las mismas obras marítimas.

La finalidad de la prevención de desastres naturales, es fomentar todas las actividades que contribuyan a prevenirlos, controlarlos y predecirlos. Debido a que los daños producidos por los efectos del huracán, constituyen un grave problema para el desarrollo de las zonas expuestas. Cuando más se conozca de los daños que generan mayor será la posibilidad de evitar dichos desastres.

CAPITULO III

DESCRIPCION DE HURACANES ESTUDIADOS

3.1 SELECCION DE HURACANES ESTUDIADOS.

Debido a la carencia existente de registros históricos y estadísticos, de los daños provocados por los huracanes que se han sucedido en lo que va del siglo XX, en esta investigación se optó por considerar tan sólo un período de 20 años, ya que a partir de 1961, se pudo contar por primera vez con observaciones emitidas por satélite y es hasta este año cuando se tiene mayor exactitud en las observaciones realizadas a estos fenómenos hidrometeorológicos. Lo que permitió en cierta forma conocer las características de estos, entre otras la trayectoria. Como las observaciones son tomadas con dispositivos con luz infrarroja, se pueden observar los cambios de temperatura en los elementos que constituyen al huracán y además se aprecia en las imágenes emitidas por estos, algunas características como el diámetro y ojo del huracán; aunque siempre son necesarios las otras observaciones realizadas mediante radar, avión de reconocimiento, estaciones y observatorios meteorológicos, ya que estos nos dan información directa del fenómeno hidrometeorológico y de sus efectos que provocan los daños.

Siendo los principales causantes de daños los huracanes más intensos y por ende los que más información generaron al respecto, durante el paso por las costas nacionales, se eligieron los huracanes que en determinado momento llegaron a tener una intensidad mayor de 150 km/h en sus vientos, en su paso por las entidades afectadas.

Los huracanes que se eligieron para tal fin son:

AÑO	HURACAN	SIMBOLOGIA
1961	Anna	{ Ana }
1961	Carla	{ CrI }
1966	Inez	{ Ine }
1967	Beulah	{ Beu }
1969	Camille	{ Cam }
1974	Carmen	{ Crm }

1974	Fifi	[Fif]
1978	Greta	[Gre]
1980	Allen	[All]

A continuación, se da una breve descripción del recorrido de estos (Servicio Meteorológico Nacional, 1980), además de mencionar algunos de los daños que estos generaron durante su recorrido.

En el caso de los huracanes Inez, Beulah y Allen, su fuerza destructora fue aun más grande y después de afectar a la Península de Yucatán, siguieron su rumbo hacia el norte del país, afectando los estados de Tamaulipas, Veracruz y Nuevo León (González Hernández, 1990).

El huracán Fifi, después de afectar el Sureste de México, penetró el territorio nacional, para salir por costas oaxaqueñas, donde se reagrupó nuevamente; al pasar de un Océano a otro, cambio de nombre de "Fifi" a "Orlene", ya en el Pacífico, afectó la totalidad de las entidades costeras del Pacífico Mexicano.

3.2 HURACAN ANNA.

Se localizó por primera vez el día 21 de Junio de 1961, frente a las costas venezolanas y se disipó el día 24 al entrar a territorio continental por Guatemala (ver fig.8)

A las 4:00Z (tiempo del meridiano de Greenwich) del día 21 de Julio se localizó por primera vez, en 13.38° de latitud norte (N) y 68.88° de longitud oeste (W), a 120 kms. al norte de Curacao, desplazandose al W, a razón de 35 km/h y con vientos máximos cerca del centro de 125 km/h.

El día 22 a las 3:00Z se movió hasta 13.48° N y 76.28° W a 500 kms. al Sur de Kingston, Jamaica; moviéndose al W a 30 km/h y con vientos máximos cerca del centro de 185 km/h (que fueron los más intensos del día, para ir bajando gradualmente su intensidad), paso a 600 kms. al Este (E) de Pto. Cabezas, Honduras, para dirigirse hacia Jamaica.

El día 23, a las 00:00Z se situó en 15.48° N y 81.08° W a 300 kms. al NE de Pto. Cabezas, Honduras; desplazandose al WNW a 30 km/h y con vientos máximos cerca del centro estimados en 160 km/h y en el último reporte que se recibió en el día, continuó moviéndose al WNW, paralelo a las costas de Honduras a razón de 25 km/h.

Durante el día 24 se recibieron tres reportes de su posición, pero es en el último, el de las 16:00Z, en el que su centro se estimó en 16.58° N y 89.08° W, con desplazamiento hacia el W, su velocidad de avance bajo a 13 km/h, con vientos máximos de 120 km/h. Se disipó en Belice y territorio Guatemalteco.

Como depresión tropical "Anna", dejó sentir sus efectos en el territorio nacional, no se reportaron daños de consideración, sólo se informó del cierre a la navegación, en el puerto de Coatzacoalcos y Veracruz como medida preventiva.

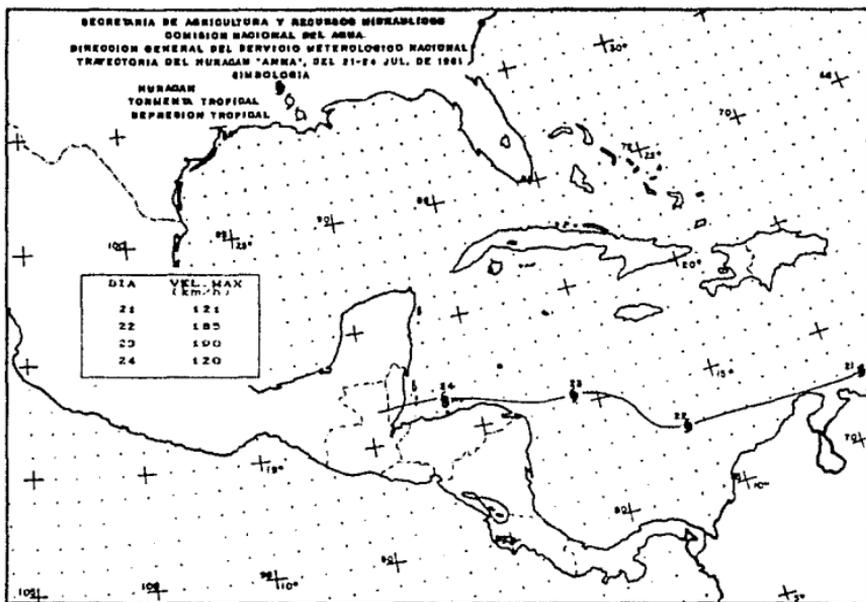


fig 8 . Trayectoria del huracán Anna.

3.3 HURACAN CARLA.

Se presentó el día 5 al 12 de Septiembre de 1961; el día 5 se localizó al SE de la Isla Cisne (ver fig.9), como tormenta tropical, a las 13:20Z (hora del meridiano de Greenwich) en 16.38° de latitud norte (N) y 82.78° de longitud oeste (W), con desplazamiento al WNW a 10 km/h y vientos máximos cerca del centro de 70 km/h y una presión de 998 mbs. a las 22:00Z, todavía como tormenta se hallaba en 16.88° N y 83.88° W a 65 kms. al S de la Isla Cisne, moviéndose al ENE, a 15 km/h, vientos máximos cerca del centro de 90 km/h.

El día 6, a las 16:00Z, la tormenta tropical se encontraba en 19.48° N y 85.48° W a 200 kms. al SE de Cozumel, Q. Roo, moviéndose al NW a 18 km/h y los vientos máximos cerca del centro de 115 km/h.

Para el día 7, a las 4:00Z, alcanza las características de huracán, en 20.18° N y 86.28° W a 73 kms al ESE de la Isla de Cozumel, Q.R., moviéndose al NW a 12 km/h y vientos máximos cerca del centro de 120 km/h, a las 22:00Z se encontraba en 22.38° N y 86.78° W a 100 kms. al NE de Cabo Catoche, Q.R., continuó moviéndose al NNW a razón de 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 170 km/h.

Para el día 8, a las 10:00Z se situó en 23.38° N y 88.08° W a 220 kms. al NNW de Cabo Catoche, Q.R., siguiendo con la misma dirección, velocidad e intensidad en sus vientos máximos; a las 16:00Z se coloca en 23.58° N y 88.88° W a 280 kms al NNE de Mérida, Yucatán, cambiando su dirección hacia el WNW a 11 km/h y vientos máximos cerca del centro de 185 km/h.

Los días siguientes, el huracán Carla se retroalimentó, en las aguas cálidas del Golfo de México y entro a los E.U.A., el día 11, con vientos de 240 km/h para disiparse el día 12, al N. de Austin, Texas.

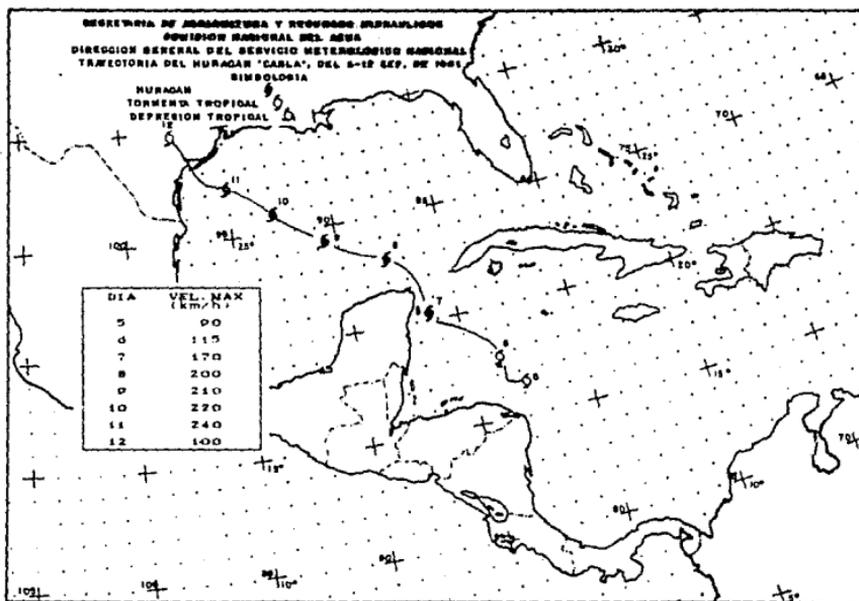


fig. 9. Trayectoria del huracán Carla.

3.4 HURACAN INEZ.

El huracán Inez, pasó a la historia por ser uno de los más contradictorios, en su trayectoria caprichosa y zig-zagueante, que contrasta con casi todos los demás que se generan en el Atlántico Norte (ver fig. 10).

Se originó el día 27 de Octubre de 1966, como depresión tropical en 16.48° de latitud norte (N) y 61.08 de longitud oeste (W), con movimiento hacia el W.

A partir del día 28, atacó con sus vientos huracanados la Isla de Guadalupe y la Española, ocasionando daños.

Bajó su intensidad, a tormenta tropical, al pasar por Islas Vírgenes, donde nuevamente se reagrupó y alcanzó la categoría de huracán, azotando a la República Dominicana y Haití, para pasar por la zona oriental de Cuba, y es cuando dió un cambio brusco hacia el Norte, pero regresó intempestivamente, azotando nuevamente Cuba, aunque ahora a su región montañosa, siguió su rumbo hacia las Bahamas, donde ocasionó daños; giró hacia la Península de la Florida, donde la intensidad de sus vientos y el sustento de las corrientes cálidas del Golfo de México provocaron que Inez se dirigiera a la Península de Yucatán.

El día 5 se encontraba como a 300 kms. al NE de Cabo Catoche, Q.R., continuando hacia el SW a 15 km/h y vientos de 170 km/h, en las coordenadas 23.68° N y 85.58° W.

El día 6 se situó en 22.58° N y 87.08° W aproximadamente a 180 kms. al N de Isla Mujeres, Q.R. cambiando su trayectoria hacia el WSW a 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 200 km/h.

El día 7 a las 12:00Z se encuentra en 21.88° N y 89.78° W a 40 kms. al N de Progreso, Yuc., continuando su movimiento hacia el WSW a razón de 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 180 km/h.

Para las 12:00Z del día 8 se situó en 21.88° N y 93.08° W a 500 kms. al ESE de Tampico, Tamps. moviéndose hacia el WNW a 20 km/h y vientos máximos de 200 km/h. A las 13:00Z del día 9, se localizó en 22.98° N y 95.58° W a 250 kms. al ENE de Tampico, Tamps. moviéndose al NW a 16 km/h y vientos máximos cerca del centro de 230 km/h.

Después de haber entrado a tierra al norte de Tampico, Tamps. en las primeras horas del día 10, a las 19:00Z se localizó en 22.58° N y 98.78° W, aproximadamente a 100 kms. al WNW de Tampico, Tamps. con vientos máximos de 120 km/h; a las 22:00Z, los remanentes se encontraban a 50 kms. al NW de Tamuín, S.L.P. disipándose en este lugar.

Los daños provocados por el huracán Inez, en la Península de Yucatán fueron: el viento en Progreso provocó el derrumbe de los cines Tropical, Variedades, Uxmal; además, la marea causó graves daños en Zilam Bravo, donde destruyó los dos muelles de la localidad; en Telchac y Sisal también derribó sus muelles; El Malécon de Progreso quedó destruido al quedar bajo las aguas. En Quintana Roo (Q.R.), destruyó el Malécon de Cozumel.

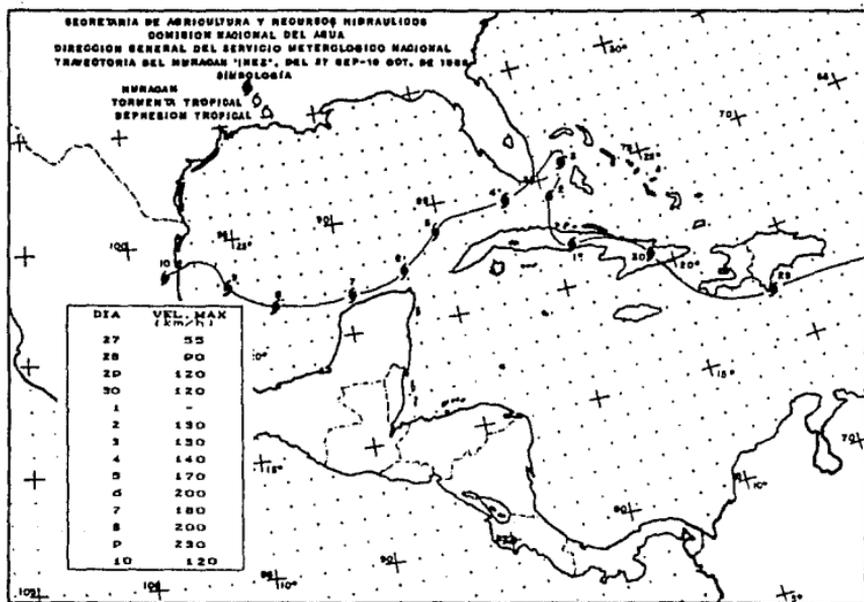


fig. 10. Trayectoria del huracán Inez.

3.5 HURACAN BEULAH.

Este fenómeno hidrometeorológico se presentó del día 8 al 23 de Septiembre de 1967 (ver fig. 11). Se observó por primera vez el día 8, en la latitud 15.38° grados norte (N) y la longitud 63.68° grados oeste (W), como depresión tropical, con dirección hacia el W, a 10 km/h y vientos máximos cerca del centro de 55 km/h y fue hasta el día 13, cuando alcanzó las características de huracán, en la latitud 16.68° N y 77.28° W, se movía a razón de 20 km/h y en dirección WSW y vientos máximos de 120 km/h .

Hasta el día 16 se empezaron a sentir los efectos del huracán en las costas de la Península de Yucatán, sus vientos máximos eran de 200 km/h y su posición a las 00:00Z, era de 19.18° N y 84.28° W, se desplazaba a 18 km/h , dirigiéndose hacia el NW.

Para el día 17 a las 00:00Z, alcanzó las coordenadas de 20.18° N y 86.38° W, aproximadamente a 80 kms. al SE de la Isla de Cozumel, Q.R. moviéndose al NW a razón de 12 km/h y vientos máximos cerca del centro de 120 km/h ; en el transcurso de 12 horas cruzó la Isla antes mencionada y se situó sobre la Península de Yucatán. como tormenta tropical en 20.98° N y 87.58° W con dirección al WNW a razón de 18 km/h y vientos máximos de 110 km/h .

A las 00:00Z del día 18, vuelve ha ser huracán en 21.88° N y 90.28° W con dirección WNW a razón de 15 km/h y vientos máximos de 180 km/h , a las 18:00Z se situó en 22.38° N y 92.08° W, con dirección hacia el NW, su desplazamiento aumenta a 25 km/h y vientos de 250 km/h .

Para el día 20 a las 00:00Z se encontraba en 24.58° N y 96.58° W, a 200 kms. al NE de Soto la Marina, Tamps., cambio de dirección hacia el NW a razón de 15 km/h , pero los vientos máximos alcanzaron hasta 280 km/h a las 14:00Z del mismo día y se situaba en 26.18° N y 97.58° W sobre Brownsville, Texas, después de haber pasado por las proximidades de Matamoros, Tamps. dirigiéndose al NW a 15 km/h y disminuyendo su intensidad ya que los vientos máximos habían bajado a 210 km/h .

A las 00:00Z del día 21, se localizó tierra adentro en 27.38° N y 98.58° W, aproximadamente a 200 kms. al NNW, de Matamoros, Tamps. con movimiento aparente hacia el NW a razón de 18 km/h y vientos máximos de 160 km/h.

Se disolvió el día 23, aproximadamente a 50 kms. de Monterrey N.L. ,se situó en la latitud 27.08° N y longitud 99.68° W y como centro de baja presión afectó el NE del territorio nacional con fuertes precipitaciones.

Afortunadamente por la evacuación que se realizó de los lugares amenazados, ante el eminente paso del huracán Beulah, se redujeron en gran medida las pérdidas de vidas, aunque los daños materiales fueron cuantiosos.

En Yucatán, las calles de Mérida quedaron anegadas en su totalidad, además en Progreso todas las construcciones próximas a la costa resultaron dañadas; en Telchac, el oleaje produjo daños considerables al muelle de la localidad y como algo poco usual, estas mismas olas que azotaban la playa, se llegaron a retirar entre 50 a 60 metros hacia mar adentro, quedando las rocas y algas como parte del paisaje por algunas horas; En Tizimín, se derrumbaron 120 casas de construcción endeble, pero presentaron daños 500, resultaron 5 personas muertas.

En Quintana Roo, al pasar el fenómeno hidrometeorológico, por la Isla de Cozumel, afectó el 50% de las casas, al dejarlas destechas, el Malecón de su puerto quedó destruido, además dejó sin hogar a 5000 personas.

En Campeche, se perdieron las cosechas y el área tocada por el ciclón, afectó a cerca de 19,000 peronas, sólo se presentó la muerte de una persona.

En las anteriores entidades, se presentaron daños en la agricultura y en los servicios públicos, acentuándose aun más estos daños en la red vial y suministro eléctrico.

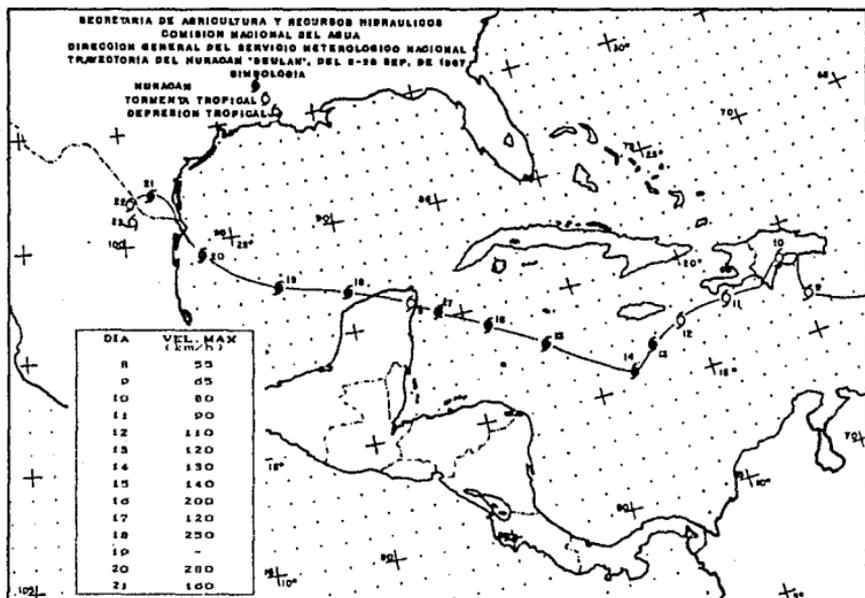


fig. 11. Trayectoria del huracán Beulah.

3.6 HURACAN CAMILLE.

Este huracán se detectó en el Mar Caribe dirigiéndose al NNW (ver fig 12), después de cruzar por el Canal de Yucatán, tocó tierra en las costas de Louisiana en los E.U.A., la duración de este meteoero fue del 14 al 22 de Agosto de 1969.

A partir del día 14, a las 16:00Z (hora del meridiano de Greenwich), cuando se localizó como depresión tropical en la latitud 19.58° grados norte (N) y 82.48° de longitud oeste (W) con movimiento al W a 20 km/h y vientos máximos cerca del centro de 55 km/h; a las 15:00Z pasó a ser tormenta tropical en 20.38° N y 83.48° W dirigiéndose al NW a razón de 20 km/h y vientos máximos cerca del centro de 65 km/h.

Pasó a ser huracán el día 15 a las 16:00Z en 21.28° N y 84.28° W con dirección hacia el NNW , avanzando a 15 km/h y vientos máximos cerca del centro de 175 km/h, a 80 kms. al sur de las costas occidentales de Cuba.

Siguió su trayectoria hacia el NW y hasta el día 18 se localizó en 29.98° N y 89.18° W sobre las costas de Louisiana, E.U.A. dirigiéndose al N a razón de 25 km/h y vientos máximos cerca del centro de 350 km/h, después de adentrarse en el territorio, fue perdiendo fuerza gradualmente.

Debido al frente de baja presión que se encontraba en México, el huracán Camille sólo dejó fuertes lluvias en el Sur y Oriente de México, dejando a su paso sólo beneficios para el país.

Sin embargo para los habitantes de la costa norte del Golfo de México, en los E.U.A. se grabo como uno de los peores de su historia, al dejar 513 muertos y 200,000 damnificados, además de causar daños a más de 4000 viviendas y provocar pérdidas económicas por \$ 1,132,000,000 de dólares. Este huracán entró con vientos de 320 km/h, provocando un oleaje de hasta 6 mts. al entrar a territorio continental norteamericano, perdió gradualmente fuerza, para posteriormente salir nuevamente al Océano Atlántico donde se disolvió al entrar en contacto con la corriente fría del Labrador.

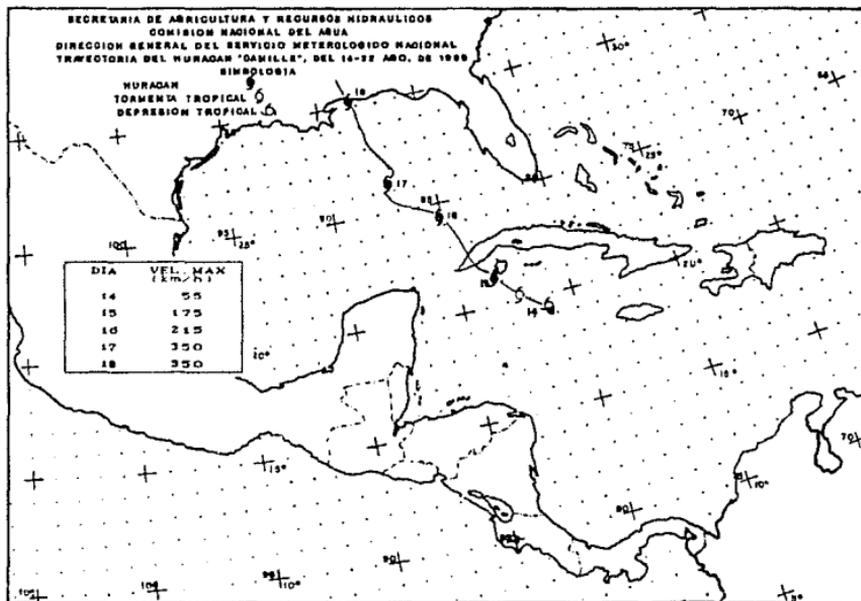


fig. 12 Trayectoria del huracán Camille.

3.7 HURACAN CARMEN.

El huracán Carmen duró del día 29 de Agosto al 8 de Septiembre de 1974 (ver fig.13). Se localizó por primera vez a las 13:00Z (tiempo del Meridiano de Greenwich) del día 29 de Agosto en la latitud 17.08° grados norte (N) y longitud 58.88° grados oeste (W), desplazándose hacia el W con una velocidad de 40 km/h y vientos máximos cerca del centro de 55 km/h.

Hasta el día 1° de Septiembre adquiere las características de huracán, al situarse en 17.58° N y 83.18° W moviéndose al W con una velocidad de 32 km/h y vientos máximos cerca del centro de 200 km/h.

El día 2 a las 13:00Z, se encontraba en 18.78° N y 88.28° W, dirigiéndose al WNW y a la velocidad de 16 km/h, los vientos cerca del centro son de 242 km/h, sus efectos se empazaban a sentir en la Península de Yucatán.

Para el día 3, ya en territorio mexicano, el huracán Carmen se localizaba al E del Estado de Campeche, a las 13:00Z se localizó, en 20.08° N y 90.08° W con una velocidad de avance de 8 km/h y vientos cerca del centro de 120 km/h, a las 20:00Z de este día decrece a tormenta tropical.

A las 16:00Z de día 4, se detectó semiestacionario, en 20.28° N y 91.58° W, con vientos máximos cerca del centro de 100 km/h. El día 5, a las 16:00Z, cambia de dirección hacia el N y se desplaza a 5 km/h, sus vientos cerca del centro son de 90 km/h. Continúa recobrando intensidad y siguiendo hacia el N, llegó el día 8 a localizarse al sur de las costas de E.U.A., y este mismo día al entrar al territorio norteamericano se desintegró.

Los daños causados por Carmen en México fueron cuantiosos, en Quintana Roo, causó daños en las comunicaciones y en la agricultura de todo el Estado, además daño dos cines y algunos edificios en Chetumal. En Campeche se perdieron 19,000 hectareas de maíz y 25,000 de arroz. En Yucatán, sólo se presentaron algunas inundaciones.

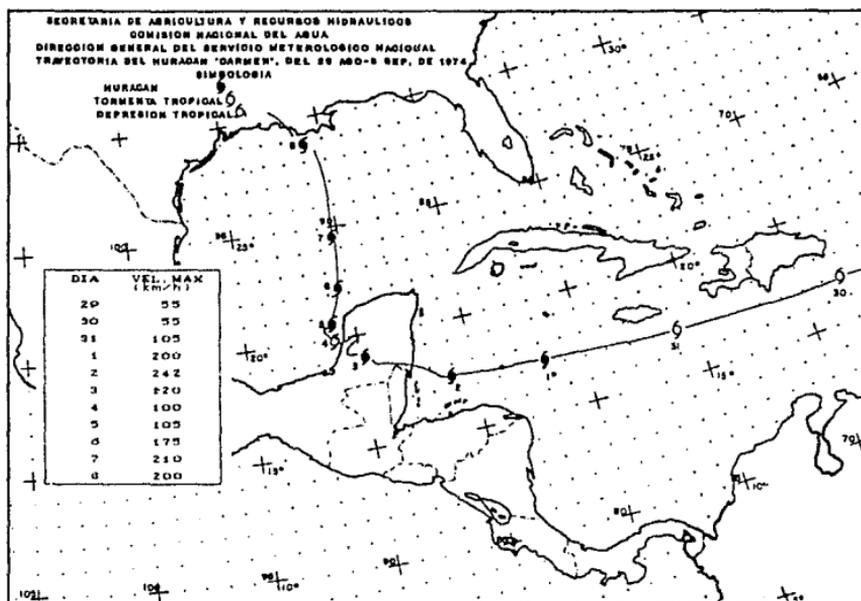


fig. 13. Trayectoria del huracán Carmen.

2.7 HURACAN FIFI.

El tiempo que duró el huracán Fifi, fue del día 16 al 20 de Septiembre de 1974 (ver fig. 14); a las 10:00Z (tiempo del meridiano de Greenwich), se localizó como depresión tropical en 17.58° grados de latitud norte (N) y 76.08° grados de longitud oeste (W), dirigiéndose al WNW, a la velocidad de 22 km/h y sus vientos máximos cerca del centro son de 55 km/h; se fortaleció frente a Jamaica y avanzó rumbo hacia las Islas Caimán, ya como huracán afectó las costas de Honduras, con vientos que alcanzaron los 230 km/h y su velocidad de desplazamiento era de 19 km/h provocando intensas lluvias; debido a la intensidad de sus vientos y al no encontrar ningún obstáculo, arrasó prácticamente la costa norte de Honduras, para dirigirse hacia las costas de Belice, se localizó a unos 200 kms. al S de Chetumal y al antrar a tierra perdió fuerza, como tormenta tropical cruzó territorio Guatemalteco; dejando sentir sus efectos en los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz, como fenómeno depresionario, pero sus remanentes pasaron al Océano Pacífico reforzando al huracán Orlene. El sistema combinado Fifi-Orlene afectó en total a 16 Estados de la República Mexicana, ya que por sus intensas lluvias, provocó inundaciones y afectó la agricultura de los Estados de Campeche, Oaxaca, Puebla, Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Durango, Tamaulipas y Coahuila.

Los daños más significativos que provocó el huracán Fifi fueron, en Honduras, los cuatro principales causas de daños se combinaron y fueron las que provocaron la muerte de 10,000 personas y dejó en estado de ruina la parte norte de Honduras, la más industrializada hasta el momento y dejó pérdidas económicas de \$ 1,800,000,000 (dólares americanos de 1974).

Estas pérdidas son aún más significativas, si se considera que el producto nacional bruto de este país era de \$ 700,000,000 de dólares. Después del paso de este meteoro y debido a los daños que causó, las autoridades de este país estimaron, que tardarían en restablecer su capacidad productiva un período de 10 años.

En México, las lluvias provocaron daños en Chiapas, donde derribó 12 puentes, debido a las crecientes en los ríos; en Hidalgo se desbordó el río San Lorenzo; en Veracruz se derrumbaron cinco puentes, entre ellos el puente "Ursulo Galván"; en San Luis Potosí, se reventaron dos presas; y Chihuahua quedó aislada al romperse los dos puentes de acceso.

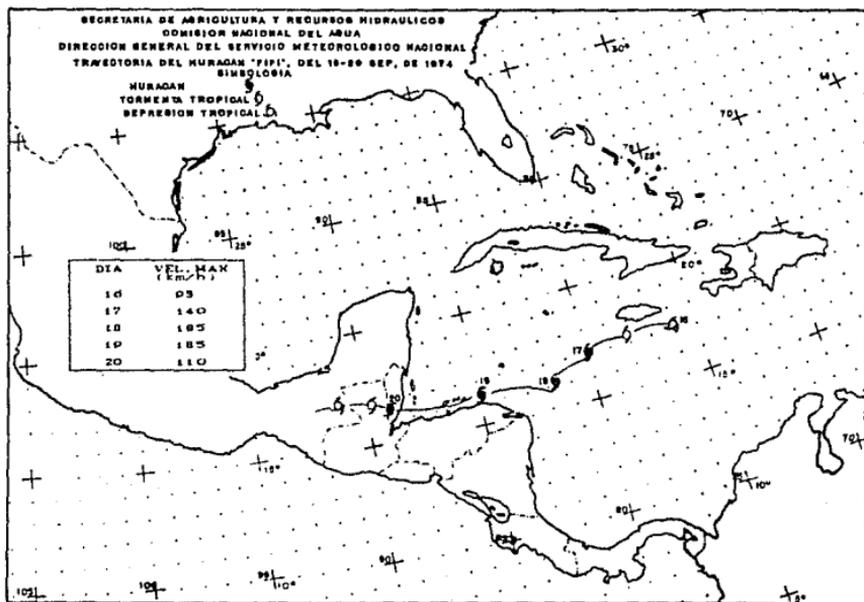


fig. 14. Trayectoria del huracán Fifi.

3.9 HURACAN GRETA.

El día 14 de Septiembre de 1978 se localizó como centro depresionario, en 12.58° grados de latitud norte (N) y 67.58° de longitud oeste (W) y duró un total de 5 días más (ver fig.15), hasta disolverse sobre territorio de Chiapas, aunque sus remanentes pasaron hacia el Océano Pacífico, dando origen al huracán Olivia.

Fue hasta el día 17 a las 1:00Z (tiempo del Meridiano de Greenwich) cuando se encontraba en costas nicaragüenses, al E de Honduras cuando pasó a ser huracán, al localizarse en 14.78° N y 80.68° W con velocidad de avance de 15 km/h y vientos de 130 km/h.

El día 18 a las 4:00Z, alcanza su intensidad máxima al situarse en 15.78° N y 84.08° W, próximo a Honduras, con movimiento hacia el W y velocidad de 19 km/h, vientos de 175 km/h.

El día 19 a las 10:00Z, ya disminuido pasa a ser tormenta tropical en 17.38° N y 90.08° W sobre territorio de Guatemala al Este de Tenosique, Tabasco con dirección W, velocidad de 20 km/h y vientos de 97 km/h y rachas de hasta 120 km/h. A las 22:00Z y sobre territorio nacional, en el Estado de Chiapas se ubicó por última vez en 16.08° N y 93.08° W, como depresión tropical con dirección WSW y velocidad de 25 km/h y vientos de 48 km/h.

No se presentaron daños de consideración en el Sureste de México debido a la oportuna detección del huracán y a los avisos que se dieron a la población para prevenirla y también por la cultura existente en la gente, hacerea de los daños que generan los huracanes.

Sólo en el Estado de Quintana Roo, se produjeron algunas inundaciones, de igual forma en los Estados de Chiapas, Campeche, Tabasco, Oaxaca y Veracruz como consecuencia de las intensas lluvias.

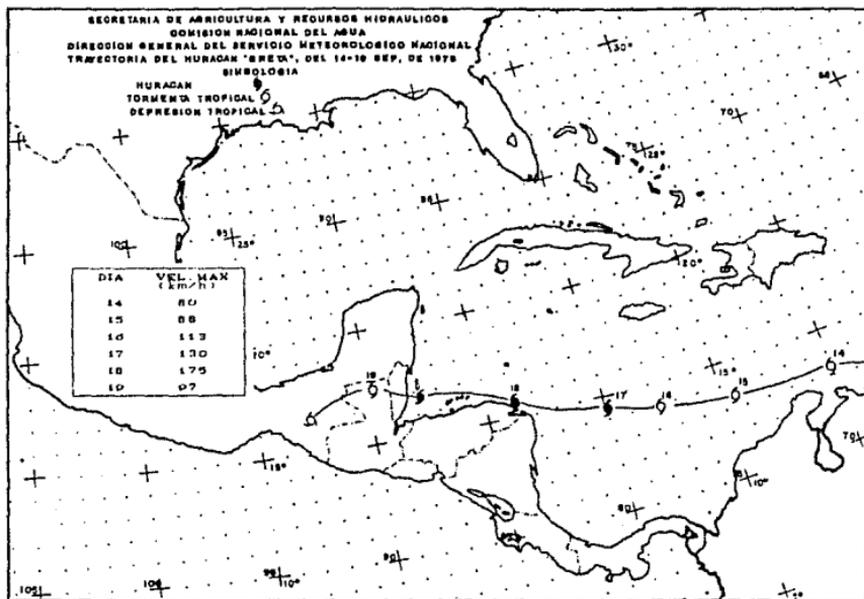


fig. 15. Trayectoria del huracán Greta.

3.10 HURACAN ALLEN.

El huracán Allen, duró del día 1 al 11 de Agosto de 1980 (ver fig. 16); el día 1 a las 22:00Z (tiempo del meridiano de Greenwich) se recibió el primer aviso, localizándolo en la latitud 11.08° grados norte (N) y longitud 42.08° grados oeste (W), como depresión tropical, a 1550 km al NE de la Cd. de Belem, Brasil y a 200 kms., al E de Trinidad y Tobago. Se siguió alimentando en aguas del Atlántico Norte y el día 3 a las 19:00Z pasó a ser huracán, con movimiento hacia el W a razón de 35 km/h, su posición era 12.98° N y 57.88° W y sus vientos cerca del centro de 155 km/h, con rachas de hasta 195 km/h.

El día 4 se localizó al E de la Isla de la Martinica a unos 330 kms. y avanzó hacia Pto. Rico, llegó a estar a 320 kms al S de la Isla. El día 5 se ubicó a 310 kms. al SSW de Puerto Rico, su intensidad fue en aumento y paso a 320 kms. al S de Santo Domingo, al final del día se ubicó a 125 kms. al sur de las costas de Haití. El día 6 se localizó entrando al Canal de Jamaica a 150 kms. al E de Kingston, moviéndose de WNW a razón de 33 km/h y se ubicó muy pronto al N de las costas de Jamaica y a 200 kms. al SW de Santiago de Cuba, para seguir avanzando y pasar a 220 kms. al E de la Isla del Gran Caimán y a 175 kms al SSW de Trinidad, Cuba.

El día 7, a las 16:00Z se encontraba en 21.48° N y 85.58° W, aproximadamente a 180 kms. al E de Isla Mujeres, Q.R., desplazándose de WNW a 27 km/h y vientos máximos cerca del centro de 280 km/h y rachas de 315 km/h, a las 22:00Z, no se registró ningún cambio en sus características, localizándose en 22.08° N y 87.08° W a escasos 50 kms. al NNE de Cabo Catoche, Q.R.

Para el día 8 se situaba frente a Yucatán, a las 4:00Z se ubicó en 22.48° N y 87.08° W, aproximadamente a 130 kms. al NNE de Progreso, Yuc., dirigiéndose al WNW, a razón de 30 km/h; a las 10:00Z se encontraba en 22.88° N y 90.28° W a 180 kms. al NNW de Progreso, Yuc. con la misma dirección pero con vientos máximos de 230 km/h y rachas de 265 km/h; a las 16:00Z y sin cambiar sus características, se encontraba en 23.88° N y 91.48° W a 350 kms. al NW de

Progreso, Yuc.; a las 22:00Z alcanza las coordenadas de 24.48° N y 92.88° W a 520 kms. al ESE de Matamoros, Tamps. continuando hacia el WNW a 27 km/h, y vientos máximos de 240 km/h y rachas de 275 km/h.

El día 9, aumentó su intensidad y para el día 10 a las 4:00Z se localizó en 25.98° N y 69.98° W a escasos 50 kms. al E de Matamoros, Tamps., dirigiéndose al WNW a razón de 8 km/h y vientos máximos cerca del centro de 240 km/h y rachas de hasta 280, pasó posteriormente a territorio norteamericano, para regresar a disiparse el día 11, al pasar por los límites de Nuevo León y Coahuila.

Los daños que generó el huracán Allen, en las costas mexicanas fueron cuantiosos en lo material, pero en lo referente a la pérdidas de vidas, no fue tal. Las autoridades de los Estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, tomaron precauciones ante la presencia del huracán Allen en aguas caribeñas y para el día 7 de Agosto ya se habían evacuado 2500 personas de los municipios costeros de Yucatán, no sin antes crear albergues y prevenir a la población; aun así ocasionó el derrumbe de 30 viviendas en Sn. Felipe y Río Lagartos.

En Quintana Roo, se realizó la evacuación de 13,500 personas provenientes de Pto. Morelos, Dzilam Bravo y Cancún.

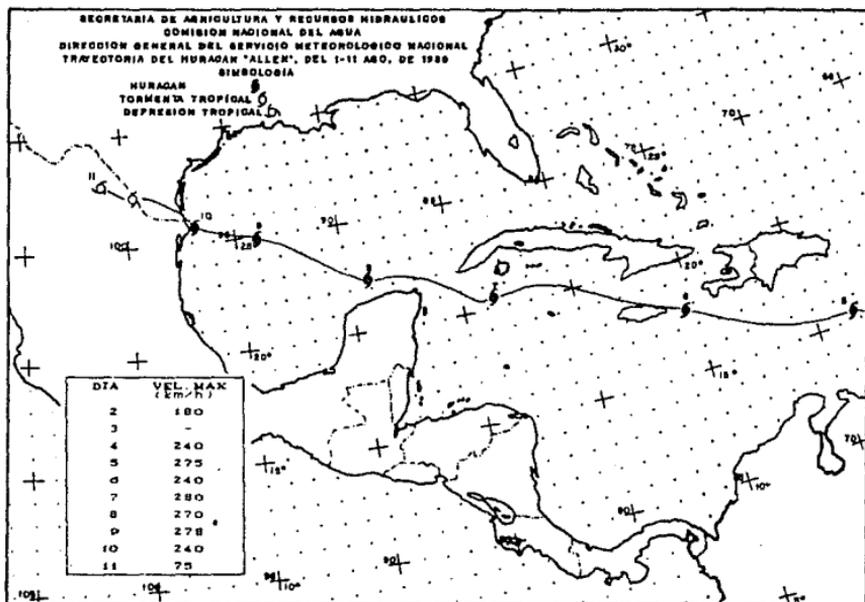


fig. 16. Trayectoria del huracán Allen.

CAPITULO IV

SIMULACION DE LOS EFECTOS

4.1 SIMULACION DE LOS EFECTOS.

La periodicidad y frecuencia con que ocurren los ciclones tropicales en el mundo y la eminente amenaza que presentan estos al paso por zonas industriales o densamente pobladas, ha despertado el interés de los gobiernos de los países afectados, creando una serie de instituciones y organismos, tendientes a investigar y prevenir a la población de los efectos que causa el huracán. Debido a que las catástrofes vienen acompañadas con el crecimiento de la población y en un intento de revertir este proceso, los investigadores han buscado métodos para conocer las trayectorias de los huracanes, así como el de estimar algunos de sus efectos que se pueden presentar en entidades y poblaciones de interés (de alto nivel de desarrollo o población).

En el Continente Americano, los países más afectados son los que se ubican en el centro y norte de América, ya que se encuentran en la zona de influencia de los efectos que causan los huracanes que se generan en la zona ciclógena del Atlántico Norte. Como una forma de prevención, los gobiernos de estos países destinan un gran cantidad de recursos humanos y materiales para la investigación y prevención de estos meteoros.

El interés que tienen los gobiernos de esta zona para conocer más de estos fenómenos, se debe a un alto crecimiento de población que han experimentado las entidades costeras, ya que ésta muestra una clara preferencia por estos lugares, además hay que agregar a esto, el gran número de industrias que se instalan en estas zonas, principalmente industrias petroquímicas, que necesitan de grandes volúmenes de agua para su operación.

En realidad son muchas las razones por las que la población prefiere vivir en las entidades costeras, ya que son muchos los atractivos que estas ofrecen a sus pobladores.

Actualmente es común, que las principales ciudades del mundo se encuentren en las riveras de los ríos o en las proximidades a estos e incluso las costas.

Los países de América del Norte y del Caribe no se encuentran ajenos a esta situación, pero es aún más grave en el caso de los E.U.A. y México, ya que los huracanes que afectan estos países, reciben en su recorrido una autoalimentación de las aguas cálidas del Caribe y Golfo de México, por lo que llegan a territorio continental con una fuerza extrema.

En el caso de las islas del Caribe, su situación es desventajosa ya que son sumamente vulnerables a los efectos del huracán, debido a que en la mayoría de los casos, la totalidad de su territorio se ve afectado por el paso de estos fenómenos.

En los E.U.A., las costas del Sur y Sureste se ven afectadas por los efectos que causan estos meteoros. La población de estas entidades costeras, su producción agrícola e industrial, se han visto afectadas en múltiples ocasiones por el paso de estos meteoros. Por esta razón este país se ha dedicado a investigar y registrar la información de estos fenómenos y en la actualidad cuenta con numerosos centros de investigación y organismos que además de contar con una buena instrumentación y un personal multidisciplinario dedicado a la investigación de estos fenómenos a logrado avances significativos en la prevención de estos meteoros.

En este campo, ha desarrollado modelos matemáticos para realizar la simulación de la trayectoria e intensidad de los huracanes, tratando de prever mediante estos los efectos que causan los huracanes en sus costas.

Estos métodos de simulación se sustentan en estadísticas de trayectorias e intensidades de huracanes, que entraron por sus costas. En base a estos registros los investigadores realizaron códigos de computación que generan huracanes sintéticos. Estos huracanes sintéticos conjuntan las características típicas de las zonas expuestas, mediante estos huracanes tipo, realizan simulaciones de los efectos de los meteoros que se presentan cerca de la zona de interés. La variabilidad intrínseca de estos fenómenos (así como en cierto grado la incertidumbre) se cubre haciendo simulaciones de familias de huracanes sintéticos, haciendo variar sólo una de sus características en cada una de las

corridas alrededor del valor típico encontrado (trayectoria, presión, diámetro del ojo, intensidad, etc.).

Esta variación se considera en cuanto al punto exacto de incidencia (con familias de trayectorias paralelas a la tipo), ángulo de incidencia, intensidad, velocidad de avance, etc. Con los resultados que han obtenido, han generado valores para el diseño de sus obras civiles, tomando para esto la envolvente máxima de estas corridas, obteniendo hasta ahora resultados aceptables.

Además de realizar simulaciones en cuanto a trayectorias e intensidad, los E.U.A. desde 1944, han tratado de controlar los efectos que causan los huracanes.

El proyecto Storm-Fury, es una empresa conjunta de la Armada, la Fuerza Aérea y la Administración de Servicios Científicos de los E.U.A., que realiza vuelos de reconocimiento con aviones cazahuracanes en la estructura del huracán, lo que les ha permitido elaborar programas de investigación climatológica, además de realizar experimentos para reducir la intensidad de estos meteoros.

Los avances que ha logrado este país en la investigación de estos fenómenos, ha permitido identificar los principales efectos que causan estos meteoros, en su paso por zonas expuestas, además gracias a las observaciones que han realizado actualmente se cuenta con registros de la trayectoria e intensidad de estos meteoros en el Atlántico Norte, por un período mayor de 100 años.

Las observaciones que han realizado de estos fenómenos, les ha permitido contar actualmente con registros de mediciones de los efectos que causan los huracanes.

Estos registros de las distintas características de los huracanes les permitieron desarrollar los modelos ya expuestos.

Desafortunadamente en nuestro país no es posible desarrollar o utilizar estos

modelos, por no contar con los registros y mediciones necesarios, para las variables de interés del modelo (Simulación Sintética), además de que actualmente no se dispone de la herramienta operativa para la ejecución y/o elaboración de estos programas, ya que estos necesitan para su ejecución de complejos equipos de cómputo y de largos periodos de simulación.

A México, su condición geográfica lo ubica en medio de dos zonas ciclógenas, la zona ciclógena del Pacífico Nor-Oriental, que es donde se generan los huracanes que afectan las entidades del Pacífico Mexicano y la zona ciclógena del Atlántico Norte que genera los huracanes que afectan las costas del Golfo de México y del Mar Caribe. Por lo que nuestro país se ve afectado por dos de las ocho zonas generadoras de huracanes en el mundo.

La zona del Pacífico Nor-Oriental es una zona de mayor generación de huracanes, mayor que la del Atlántico Norte en frecuencia, pero menor en la generación de huracanes intensos.

La zona ciclógena del Atlántico Norte, tiene en la actualidad el record del huracán más intenso que se halla registrado en el hemisferio occidental, que fué el caso del huracán Gilbert, en Septiembre de 1988, en el que se registró una presión mínima de 886 mbs y que afectó el Caribe y México, causando graves daños materiales y pérdidas de vidas.

Actualmente en México, diferentes organismos e instituciones realizan estudios destinados a pronosticar los efectos que causan los huracanes intensos al presentarse frente a las costas del país.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), dependiente de la Comisión Nacional del Agua, un grupo de investigadores de la Subcoordinación de Hidráulica, trabaja en el proyecto "Estudio de huracanes y sus efectos", en este proyecto además de estudiar los efectos (marea de tormenta, lluvia, oleaje, viento) que producen los huracanes, se analizan estos fenómenos en cuanto a su evolución en el tiempo y su distribución espacial. Para analizar estos fenómenos y sus efectos, en este instituto se han desarrollado modelos

para la simulación de los efectos. A estos modelos se les conoce como modelos de Simulación Histórica (Rosengaus M. y Sánchez-Sesma, 1990), que mediante registros de trayectorias e intensidades de huracanes reales, se pretende obtener mapas de valores máximos probables de los efectos de estos meteoros, en función de períodos de retorno usuales para el diseño de estructuras y en la planeación de la actividad económica.

Con los resultados que se obtengan mediante los modelos se pretende describir el clima de huracanes y sus efectos en México, además con estos, se pretende contar con la suficiente capacidad predictiva operacional, requerida para la protección de la población y de su patrimonio.

El desarrollo de los modelos de simulación que emplea información de huracanes históricos, se tomó como alternativa ante la escasez (o en ocasiones completa ausencia) de mediciones de variables de interés, ya sea en cuanto a duración (en años) de los registros, densidad espacial de los puntos de medición, así como de continuidad, calidad y/o confiabilidad de las mediciones existentes. Esto provocó que un estudio estadístico directo tradicional no fuera factible.

Los únicos registros con los que se cuenta actualmente son de trayectorias e intensidad de los meteoros, además de que la calidad y duración de estos, se esta incrementando continuamente (actualmente se tienen más de 100 años de estos registros en el Atlántico y más de 40 en el Pacífico) y también son los que requieren los modelos para su ejecución.

Los modelos de simulación que se han desarrollado en este instituto son:

- *Modelo de Simulación de Marea de Tormenta.*
- *Modelo de Simulación de Oleaje.*
- *Modelo de simulación de Viento.*

4.1.1 Modelo de Simulación de Marea de Tormenta.

Los Modelos de Simulación de Marea de Tormenta, Slosh y Splash se obtuvieron en base a los modelos del Shore Protection Manual (Shore Protection, 1977) y el de la Universidad Hebrea de Jerusalem (Sielecki, 1966), ambos son una solución bidimensional en el espacio y en el tiempo de las ecuaciones gobernantes a través de diferencias finitas (con esquemas explícitos).

El modelo que se presenta a continuación (ver ecs. 1 y 2) es el más simple encontrado en el Shore Protection Manual, ya que se trata de una solución unidimensional en el espacio y en el tiempo, sobre una línea perpendicular a la batimetría general de la zona (ver fig.17). Este modelo debe de ser aplicado para múltiples líneas de este tipo frente a las costas donde presumiblemente la batimetría es conocida con suficiente detalle.

Las ecuaciones que se solucionan numericamente para el modelo del Shore Protection Manual son:

$$gD \frac{\partial S_x}{\partial x} = fS_y + \frac{\tau_{sx}}{\rho} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\frac{\partial S_y}{\partial t} = \frac{\tau_{sy} - \tau_{by}}{\rho} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde

g = aceleración de la gravedad.

D = profundidad total.

S_x = Sobreelevación por viento normal a la costa

x = coordenada longitudinal normal a la costa

f = Coeficiente de Coriolis ($f=4\pi/24 \text{ sen } \phi$, ϕ = latitud)

S_y = Sobreelevación por viento tangencial a la costa.

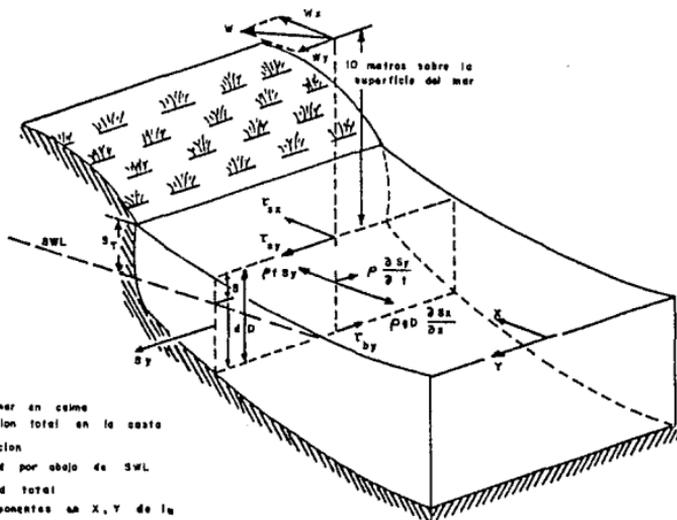
τ_{sx}, τ_{sy} = componentes en x , y de la fuerza del viento por unidad de área de superficie.

ρ = densidad del agua.

τ_{by} = componente en y , de la fuerza en el fondo, por unidad de área de fondo.

t = tiempo.

Nota : En lo que respecta a las unidades de las variables de las ecuaciones de este modelo, estas son validas para cualquier juego congruente de unidades, es decir, depende de la convención que se quiera emplear.



- SWL = Nivel del mar en calma
- S_T = Sobreelevación total en la costa
- S = Sobreelevación
- d = Profundidad por abajo de SWL
- D = Profundidad total
- T_{xx}, T_{yy} = Componentes en X, Y de la fuerza del viento.
- S_y = Sobreelevación por viento tangencial a la costa
- W = Velocidad del viento
- W_x, W_y = Componentes en x, y de la vel. del viento.
- T_{xy} = Componente en y, de la fsc. en el fondo
- f = Coeficiente de Coriolis
- ρ = Densidad del agua
- g = Gravedad
- t = tiempo

fig. 17. Esquema de Fuerzas y Respuestas por Aproximación Batistrófica.

Esta sobreelevación del nivel del mar (S_x y S_y) es la debida exclusivamente por la influencia del viento. Para estimar esta sobreelevación en mar abierto es necesario considerar un incremento del agua debido a la reducción de la presión atmosférica (tumefacción) respecto a la normal, y en algunos casos particularmente en zonas de Plataforma Continental muy inclinada donde ondas de gran longitud se propagan hacia la playa, existirá un aumento en el nivel del agua debido al transporte de la misma causado por la acción del oleaje al romper en la zona costera. Por lo que para el cálculo de la marea de tormenta es necesario considerar todos estas variables (ver ec. 3). Esta se puede expresar finalmente por :

$$S_t = d + S_a + S_p + S_x + S_y \quad (\text{Ec. 3})$$

donde

S_t = Sobreelevación total.

d = profundidad correspondiente a la bajamar media.

S_a = marea astronómica.

S_p = incremento del nivel del agua debido a la reducción de presión atmosférica con respecto a la normal.

La sobreelevación por baja de presión esta dada por:

$$S_p = 1.14 \Delta P_o \left[\begin{array}{c} - R/r \\ 1 + e \end{array} \right]$$

donde

ΔP_o = es la reducción de la presión atmosférica en el centro del ciclón, con respecto a la normal.

= $P_n - P_o$ en pulgadas de columnas de mercurio.

P_n = presión normal.

P_o = presión central.

El factor 1.14 convierte la presión en pulgadas de mercurio a pies de agua.

R = es el radio del viento máximo y es la distancia radial medida desde el centro del ciclón a la zona de vientos máximos.

r = es la distancia radial hasta un punto considerado medida desde el centro del ciclón, por lo que cuando

$$r = 0, S_p = 1.14 \Delta P_o$$

Los datos que requirió este programa para su ejecución fueron: la evolución espacial y en el tiempo de la trayectoria y la presión central, los datos de la batimetría perpendicular a la costa. Los datos de trayectoria e intensidad del huracán se tienen hasta en un período de 100 años. Con respecto a la batimetría las cartas náuticas y batimétricas hechas en la Secretaría de Marina y en la Secretaría de Programación y Presupuesto (INEGI) respectivamente, juntas tienen el suficiente detalle, para ser empleadas en el modelo.

En esta tesis sólo se presentarán los resultados que se obtuvieron mediante el modelo de marea de tormenta ya descrito, pero no se compara con mediciones realizadas mediante mareógrafos, debido a la carencia de estas.

4.1.2 Modelo de Simulación del Oleaje.

El método consiste en una fórmula para el cálculo de la máxima altura de ola significativa (en la zona de máximos vientos a la derecha de la trayectoria sobre la periferia del ojo), así como de un diagrama adimensional de la altura relativa a esta máxima alrededor del ojo (ref. Shore Protection, 1977).

$$H_o = 16.5 e^{\frac{R\Delta p}{100}} \left[1 + \frac{0.208 \alpha V_f}{\sqrt{U_R}} \right] \quad (\text{Ecs. 4})$$

$$T_s = 8.6 e^{\frac{R\Delta p}{100}} \left[1 + \frac{0.104 \alpha V_f}{\sqrt{U_R}} \right] \quad (\text{Ecs. 5})$$

Estas ecuaciones son válidas para analizar un ciclón que se mueva en forma lenta.

donde :

H_0 = es la altura de ola significativa máxima en aguas profundas, en pies.

T_s = es el correspondiente período de ola significativa máxima, en segundos.

R = Radio del viento máximo, en millas náuticas.

Δp = $P_n - P_0$, donde P_n es la presión normal, 29.92 pulgadas de mercurio; y P_0 es la presión central del ciclón, en pulgadas de mercurio.

V_f = Velocidad de avance del ciclón, en nudos.

α = es un coeficiente que depende de la velocidad de avance del ciclón, V_f , y del incremento de la longitud efectiva del fetch, para huracanes en movimiento; Se sugiere para ciclones moviéndose lentamente $\alpha = 1.0$

U_R = Es la velocidad máxima sostenida del viento, en nudos y calculada para 30 pies sobre el nivel medio mar, en el radio (R).

Para esto se debe considerar si el ciclón esta en movimiento o esta estacionario.

$U_R = 0.865 U_{m\acute{a}x}$ (para un ciclón estacionario).

$U_R = 0.865 U_{m\acute{a}x} + 0.5 V_f$ (para un ciclón en movimiento).

$U_{m\acute{a}x}$ = Es la velocidad máxima del viento gradiente, en nudos y a 30 pies sobre la superficie del agua.

$$U_{m\acute{a}x} = 0.868 \left[73 (P_n - P_0)^{1/2} - R (0.575 f) \right]$$

Donde

f = es el coeficiente de Coriolis, en radianes por hora.

$$= 2 \omega \sin \phi$$

donde ω es la velocidad angular de la tierra, $\omega = 2\pi/24$, en radianes por hora

y ϕ es la latitud en grados.

Una vez determinada H_0 mediante la ecuación (4), es posible obtener de manera aproximada la altura de ola significativa H_s , para otras áreas del ciclón, utilizando un diagrama similar al mostrado en la figura 18.

El período de ola correspondiente puede obtenerse en forma aproximada de :

$$T_s = 2.13 \sqrt{H_o} \quad (\text{ en segundos })$$

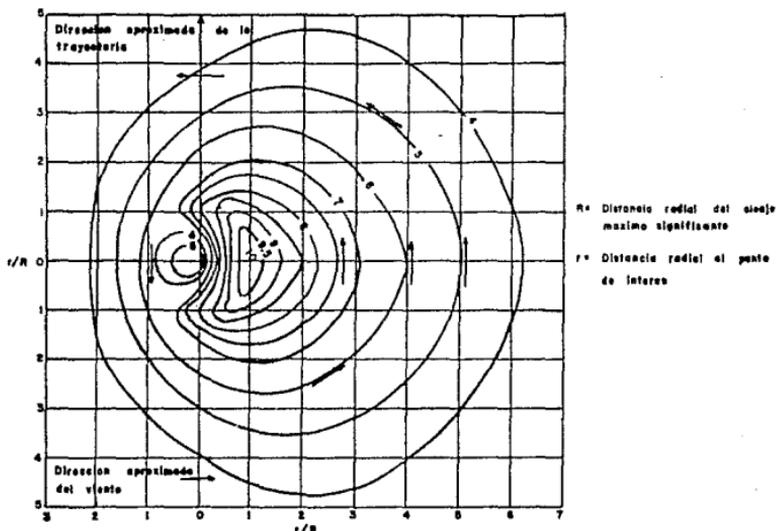


Fig. 18 Isolas de altura de ola significativa, para huracanes que se desplazan lentamente.

El modelo requiere como datos de entrada la presión central y el radio del ojo (en forma independiente), sin embargo Sánchez-Sesma (1985), introdujo una relación entre estas dos variables y ahora sólo es necesario dar la presión central como dato, además de los datos de la trayectoria e intensidad de los meteoros.

En este capítulo se presentan algunas gráficas que representan las alturas de ola significativa generadas por el huracán y su distribución en el espacio, en un instante dado frente a la costa de interés.

En el I.M.T.A. se estudia la posibilidad de instalar una red de ológrafos en la zona de aguas profundas en las costas del país, su instalación se podría realizar en las plataformas petroleras, en boyas marítimas, en las islas, etc.. En especial se ha recomendado su instalación en la costa oriental de la Península de Yucatán, donde se sabe que el oleaje afecta en gran medida. Además se recomienda la instalación de este equipo en las costas del Pacífico Mexicano, como la Is. Socorro (ya que esta isla es una de las zonas a nivel mundial donde inciden con más frecuencia los ciclones). Con la información que se obtenga se pretende ver hasta que punto son correctos los modelos de simulación de oleaje.

En lo que respecta a los resultados que se presentan del oleaje, tampoco se realizó la comparación de los valores del modelo con los registros del oleaje, debido a que las únicas mediciones disponibles fueron hechas en aguas muy poco profundas (el modelo sólo es aplicable en aguas profundas) y no en forma continua en el tiempo, si no solamente en los años previos a la construcción de complejos industriales sobre la costa.

4.1.3 Modelo de Simulación del Viento.

El *Modelo de Simulación del Viento*, es una solución analítica de las ecuaciones fluidodinámicas gobernantes en forma simplificada, de las que obtuvo Springall (1975) en su "Estudio sobre el oleaje generado por huracanes en el Sureste del Golfo de México". A estas ecuaciones (ver ecs. 6,7,8,9) Sánchez-Sesma (1985) les adicionó una expresión empírica (ver ec. 10) que relaciona la intensidad del huracán (por ejemplo a través de la presión central) y el radio del ojo, mismo que es esencial en la distribución radial de los vientos y fundamental en el desarrollo y resultados de este modelo.

$$\frac{V_r}{V_e} = 0.64 + \exp \left\{ -\frac{r}{R} - 0.56 \frac{R}{r} \right\}; \quad \frac{r}{R} > 1 \quad (\text{Ec.6})$$

V_s = velocidad del viento superficial, en km/h a 10 m sobre el nivel del mar, en función del radio del máximo viento y de la velocidad del viento gradiente.

r = radio al que se desea calcular la velocidad, en km.

$$V_s = - \frac{k r}{2} \left[\left(\frac{k r}{2} \right)^2 + V_c^2 \right]^{1/2} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde

V_s = velocidad del viento gradiente, en km/h.

$$k = 2 \Omega \operatorname{sen} \alpha - \frac{V_t}{r} \operatorname{sen} \beta \quad (\text{Ec. 8})$$

α = latitud del ojo del huracán en grados.

Ω = velocidad angular de rotación de la Tierra.

= $2\pi/24$ (radianes por hora).

β = ángulo formado por la dirección del viento con respecto a la dirección de desplazamiento del huracán, en grados (convención geográfica, en sentido horario).

V_t = velocidad de traslación del ciclón, en km/h.

V_c = velocidad ciclostrofica del viento, en m/seg.

y la velocidad ciclostrofica esta dada por

$$V_c = \frac{P_n - P_o}{\rho} \left(\frac{R}{r} \right) \exp(-R/r)$$

Si se utilizan las presiones P_n y P_o en milibares, la densidad ρ en kg/m^3 , para obtener la velocidad ciclostrofica V_c en km/h, la expresión es:

$$V_c = 0.036 \left[\frac{P_n - P_o}{\rho} \left(\frac{R}{r} \right) \exp(-R/r) \right] \quad (\text{Ec. 9})$$

donde

P_n = presión normal del sitio, en mb.

P_o = presión central del ciclón, en mb.

ρ = densidad del aire, en kg/m^3 .

El radio en función de los vientos máximos del huracán, esta dada por la siguiente expresión.

$$R = 15 + 4 \left(\frac{P_0}{33.9} - 25 \right)^{1.8} + k_1 \left(\frac{\alpha - 35}{k_2} \right)^{k_3} \quad (\text{Ec. 10})$$

Cuando R esta en kilómetros y P_0 en milibars, las constantes para una latitud mayor de 35° ($\alpha > 35$) son:

$$k_1 = 27.0$$

$$k_2 = 8.0$$

$$k_3 = 2.0$$

y para $\alpha < 35$

$$k_1 = -5.4$$

$$k_2 = -12$$

$$k_3 = 1.3$$

La dirección del viento en la superficie (ver fig. 19) es tomada como sigue.

$$\theta = \delta + \pi/2 + \epsilon$$

con $\epsilon = \pi/6$; para $(r / R) > 1$

y $\epsilon = \frac{\pi}{6} \frac{r}{R}$; para $(r / R) < 1$

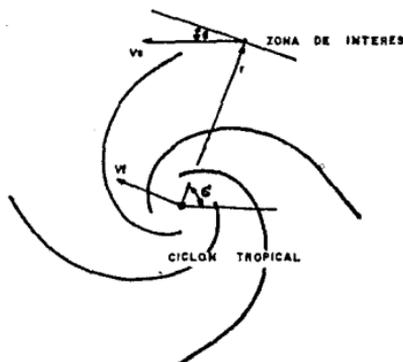


Fig. 19 Angulo y definición de velocidad para la zona de interes.

En este capítulo se presentan los resultados que se obtuvieron mediante el modelo de simulación de vientos y se comparan con valores registrados por los observatorios meteorológicos, consignando de esta forma los resultados obtenidos.

4.2. Resultados de la Simulación.

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron mediante los modelos de simulación, para cada uno de los huracanes que afectaron las costas del Sureste de México.

Los resultados que se presentan a continuación, nos indican cuales eran los valores de los efectos del huracán en las poblaciones costeras de mayor importancia (en cuanto a población e infraestructura). Las zonas que se estudiaron fueron: Quintana Roo, Yucatán y Campeche.

Los resultados de marea de tormenta se muestran mediante gráficas donde se relaciona la sobreelevación total con el tiempo, aunque cabe aclarar que en estos resultados no se consideró la sobreelevación causada por la marea astronómica, debido a que no existe información detallada de este efecto.

Los resultados del modelo de simulación de oleaje se presentan mediante gráficas bidimensionales de la distribución de altura de ola significativa.

Estos resultados se presentan en un área cuadrada que cubre 300 km alrededor del ojo en ese instante. En este caso cabe aclarar que estos resultados sólo tienen sentido sobre el mar y estrictamente sólo sobre aguas profundas. Aunque el límite de aguas profundas esta en función del periodo del oleaje, en este trabajo, con la finalidad de ilustrar este efecto e indicar hasta que punto es o no valido, se consideró como límite de aguas profundas la zona de plataforma continental (aguas con profundidad menor a 200 m.), ya que en esta zona el

oleaje que se podría llegar a generar (para periodos más largos) se ve afectado por la interacción con el fondo del mar. Por lo que los resultados del oleaje, sólo son validos si se encuentran fuera de la línea punteada (ver figuras de oleaje).

Los resultados del modelo de simulación de vientos se presentan en tres figuras y un cuadro de comparación. La primera figura representa la magnitud del viento, en la que, en la parte superior se especifica el nombre de la localidad estudiada, además de su latitud y longitud, las características del viento y su origen en el tiempo (siempre será a las cero horas del día de inicio de la simulación). La segunda figura, esquematiza la dirección del viento (en este caso los ángulos están representados como un Azimut), la tercera figura muestra las isótales de los vientos máximos generados por el huracán a su paso por la zona en estudio y la tabla muestra una comparación entre los valores que se obtuvieron mediante el modelo y los registrados por los observatorios del Servicio Meteorológico Nacional, consignando de esta forma a ambas fuentes.

Los resultados se presentaran por cada huracán analizado en esta investigación, comenzando por los valores obtenidos con el modelo de marea de tormenta, para posteriormente presentar los obtenidos mediante los modelos de simulación de oleaje y viento. En el caso de que no se presenten los resultados de alguno de estos efectos, se debe a que estos no presentaron valores de consideración.

4.2.1 Huracán Anna.

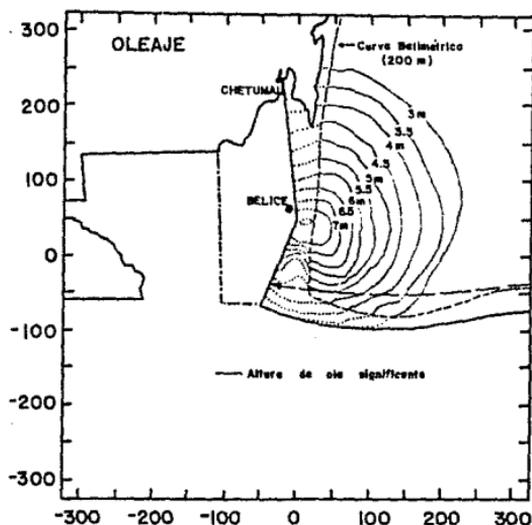


Fig. 20. Generación del Oleaje por el Huracán Anna

Esta figura del oleaje del huracán Anna, corresponde al día 24 de Julio de 1961, cuando este meteoro se encontraba próximo a las costas de México, cerca de la frontera al Sur de Belice con Guatemala y muy al sur de Quintana Roo, México. En el instante indicado:

- El centro de este huracán se localizó en la latitud 16.6° Norte y 88.3° de longitud Oeste.
- El radio del viento máximo, que es la distancia radial medida desde el centro del ciclón, a la zona de vientos máximos, era de 37.5 km.
- La presión central del huracán era de 955 mb, sin ser esta la más baja, ya que la presión mas baja que éste registro fue de 940 mb.
- Desplazándose éste, con una velocidad de avance de 16 km/h.
- La velocidad del viento cerca del ojo era de 138 km/h.
- En Chetumal, Quínta Roo se presentó la altura de ola máxima en aguas mexicanas como consecuencia del paso de este meteoro, esta fue de 3 metros (ver fig 20).

Este huracán al entrar por territorio de Belice para posteriormente cruzar por Guatemala, no causó graves daños en las costas de México.

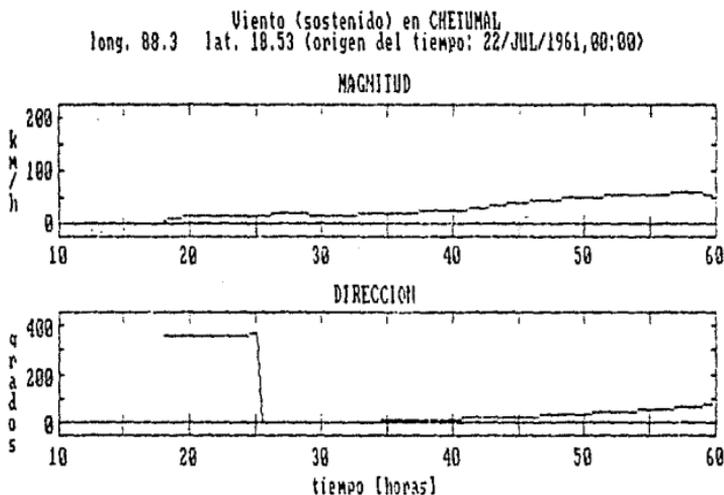


Fig. 21 Velocidad y dirección del viento en Chetumal generado por el paso del huracán Anna.

La figura muestra la evolución en el tiempo de la velocidad y dirección del viento en Chetumal.

En la figura se aprecia que el viento alcanza su intensidad máxima el día 24 de Julio de 1961, sin que llegase a cruzar el ojo del huracán por esta localidad.

Para conocer la dirección del viento, es necesario que la lectura se haga como un Azimut, es decir comenzar desde 0 y continuar hasta los 360 grados (donde 0° ó 360° representan el Norte, 90° al Este, 180° al Sur y 270° al Oeste).

Por lo que la máxima velocidad del viento sostenido fue de 60 km/h., con dirección ESE.

Cabe aclarar que estas no fueron las condiciones máximas de viento, generadas por el paso del huracán Anna, en el territorio nacional. La tabla 4 muestra otros valores que se obtuvieron mediante el modelo, en otras localidades afectadas. De igual forma se presentan estos datos junto con los registrados por observatorios meteorológicos y en algunos casos se compara con los valores reportados para estas localidades.

Además la fig. 26 muestra un mapa del Sureste de México, donde se observan las isotacas máximas y la trayectoria del meteoro.

HURACAN ANNA

Comparación de Datos observados y Modelo

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN KM/H Y DIRECCION											
	DIA 23 / JUL / 1961						DIA 24 / JUL / 1961					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel			36	NE	30	NNW			29	NE	30	W
Cocoyol					45	NNW					70	W
Sta. Cruz Chico					40	NNW					50	W
Chetumal					45	NNE					60	ESE
CHIAPAS												
Palenque					20	NNE					35	NNE
Comitan					25	NNE					35	NNE
S. Cto. las C.					20	NNE					30	NNE
Tuxtla Gtz.					20	NNE					25	NNE
Tapachula			19	W	25	NNE			30	ESE	30	NNE
CAMPECHE												
Campeche					25	NNW					30	NNW

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del observatorio meteorológico nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 4. Comparación de valores del viento máximo del huracán Anna.

En la tabla anterior se muestran los valores máximos del viento que se obtuvieron mediante el modelo de simulación y los datos que registró el Servicio Meteorológico Nacional, por parte de los observatorios meteorológicos, ya señalados.

En esta tabla se observa, una similitud en cuanto, a los valores del viento máximos, pero, la diferencia es grande en cuanto a la dirección de estos. Esto posiblemente se deba a efectos locales de orografía que "encauzan" el viento afectando el campo de viento "libre".

Vientos maximos producidos por ANNA

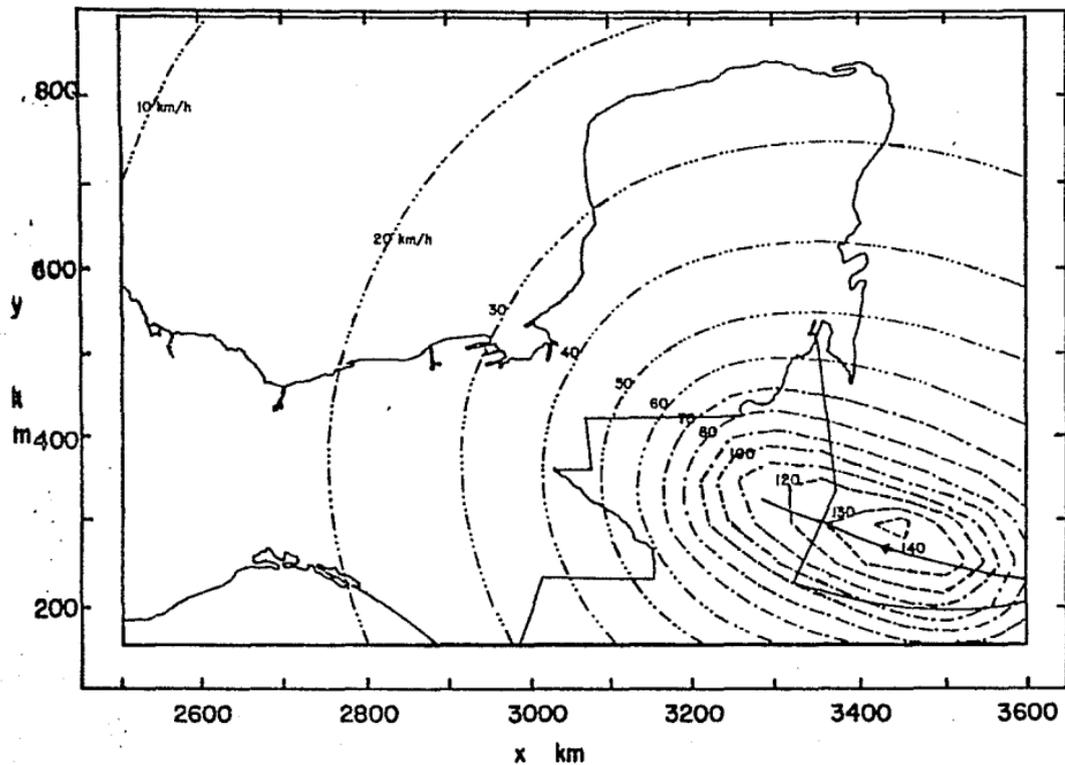


Fig. 22 Vientos máximos generados por el huracán Anna.

4.2.1 Huracán Carla.

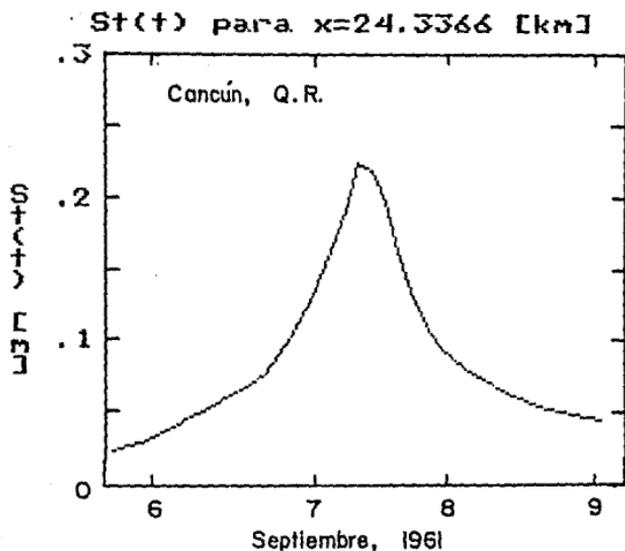


Fig. 23 Marea de Tormenta provocada por el huracán Carla en Cancún, Quintana Roo.

La figura muestra la sobreelevación total (St) que por efecto del paso del huracán Carla se produjo en Cancún, Quintana Roo.

La "x" expresa la longitud de la línea de cálculo, esta línea es la distancia que hay entre la profundidad de 200 metros (límite de la plataforma continental) y el punto de interés, donde se desea conocer la sobreelevación.

En el caso de Cancún, el punto de interés se ubica a dos metros de profundidad mar adentro.

En la figura se aprecia una marea de tormenta máxima de 23 cm aproximadamente, y se presentó esta el día 7 de septiembre de 1961, aunque cabe aclarar que en este valor de la sobreelevación total no se consideró el efecto de marea astronómica, por lo si se sumara este efecto podría dar un valor más elevado que el que se presenta.

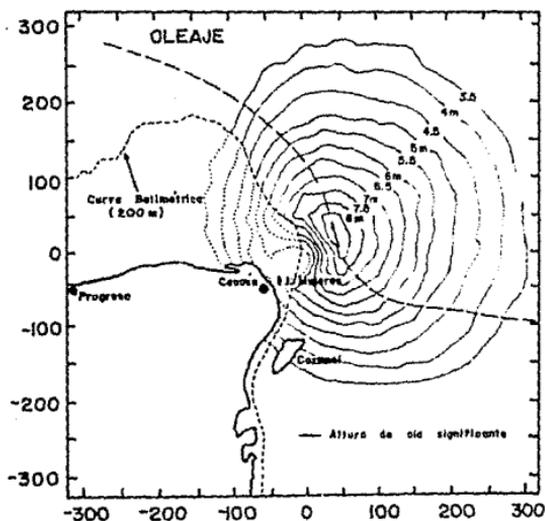


Fig. 24 Generación del Oleaje por el Huracán Carla

El oleaje generado por el huracán Carla en las costas de México fue significativo.

El día 7 de septiembre se localizó en el Caribe Mexicano, su vórtice se ubicó en la latitud 21.7° Norte y longitud 86.2° Oeste, al noroeste de la Península de Yucatán.

- El radio del viento máximo con respecto al centro de este fue de 49.2 km.
- la presión central en el ojo del huracán era de 970 mb., muy superior a la que llegó a presentar este meteoro, que fue de 936 mb.
- La velocidad de traslación del meteoro era de 22 km/h.
- la velocidad del viento máximo de 121 km/h.
- la altura de ola significativa que afectó las costas del Sureste de México, fue de hasta 5.5 m. en Isla Mujeres y en aguas profundas frente a la Isla de Holbox y Cancún (ver fig. 24)

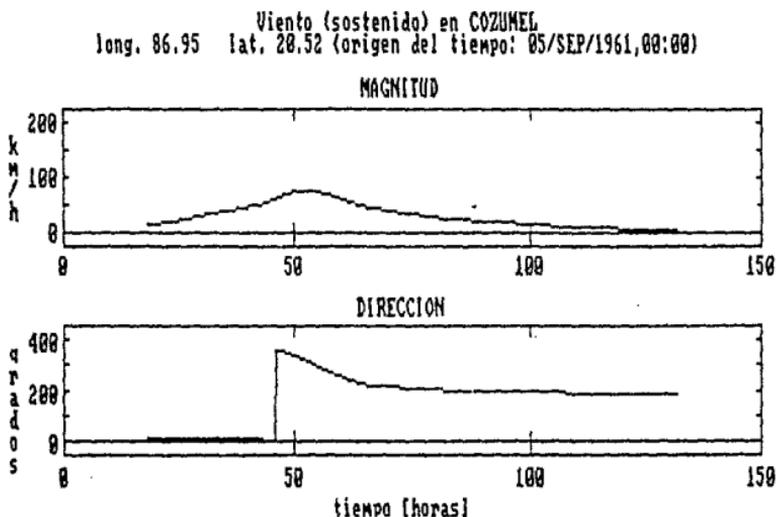


Fig. 25 Velocidad y dirección del viento en Cozumel generado por el paso del huracán Carla

En la figura 25 se muestra la velocidad y dirección del viento provocado por el paso del huracán Anna, durante los días 6 al 10 de Septiembre de 1961, en Cozumel, Quintana Roo.

Durante el día 7 el viento sostenido alcanzó los 75 km/h con dirección NNW.

En la figura también se puede apreciar, que el viento sostenido que se presentó durante el día 7, comenzó a descender conforme se alejaba el huracán de estas costas.

En la tabla 6 se muestran otros resultados del modelo de simulación para distintas poblaciones.

La figura 26 muestra la trayectoria y las isotacas máximas generadas por el huracán Carla, en la Península de Yucatán.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

HURACAN CARLA
Comparación de Datos Observados y Modelo

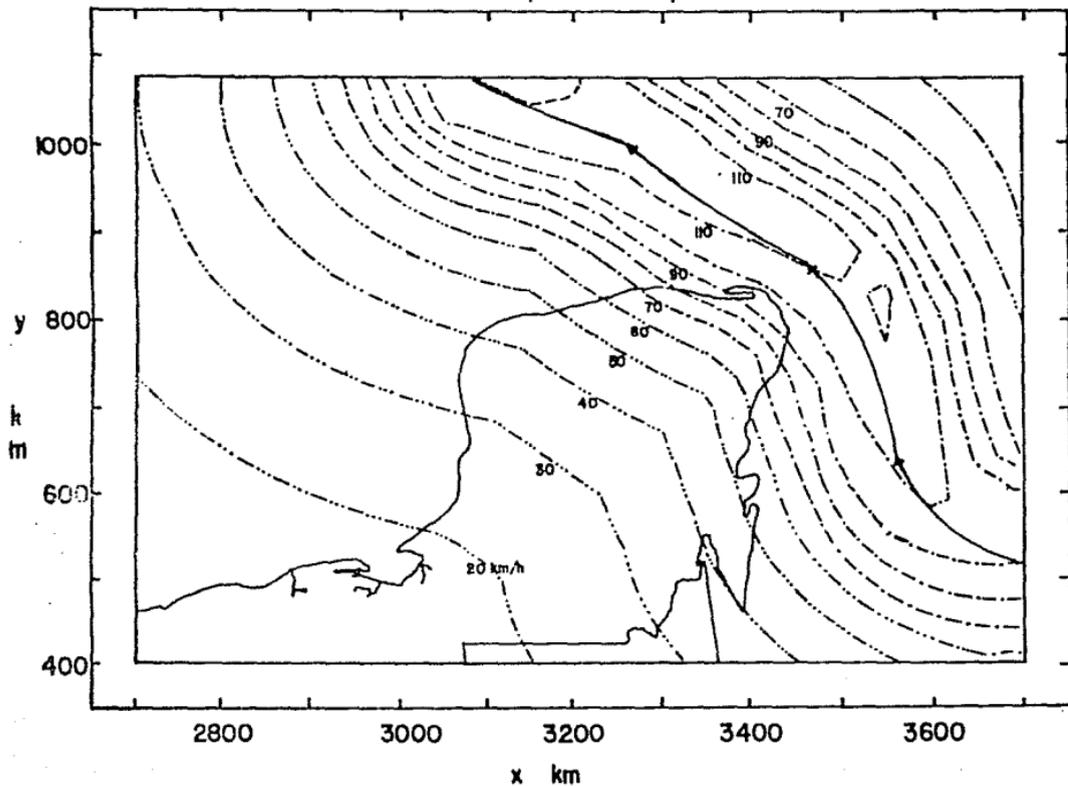
ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN KM/H Y DIRECCION											
	DIA 6 / SEP / 1961						DIA 7 / SEP / 1961					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	REP
QUINTANA RO												
F. Carrillo Pto.					50	NNE					30	ENE
Cozumel	120	NW	100	NNE	60	NNE	180		78	SW	75	NE
Kantunlikin	120	NW			45	N	180				65	NNE
YUCATAN												
Tizimin					35	N					55	NNE
Motul					25	NNE					45	NNE
Merida			22	NNE	20	NNE			22	N	40	NNE
Telchac Puerto					25						50	
Progreso			14	N	20	NNE	200	NW	28	NNW	45	NNE

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN KM/H Y DIRECCION											
	DIA 8 / SEP / 1961						DIA 9 / SEP / 1961					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
F. Carrillo Pto.					20	SSE					10	SSE
Cozumel			30	SSE	30	SSE			15	SSE	20	SSE
Kantunlikin					20	SE					15	SSE
YUCATAN												
Tizimin					45	SE					25	SSE
Motul					40	SE					30	SE
Merida			20	SW	40	SE			18	SSW	30	SE
Telchac Puerto					45						40	
Progreso			47	WSW	45	SE			34	SSW	40	SE

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 5. Comparación de valores de viento máximo del huracán Carla.

Vientos maximos producidos por CARLA



ISOTACAS A CADA 10 km/h

..... Para velocidades de (10,60) - - - - Para velocidades de (70,110)

- - - - Para velocidades de (120, -)

Fig. 26 Vientos máximos generados por el huracán Carla.

4.2.3 Huracán Inez.

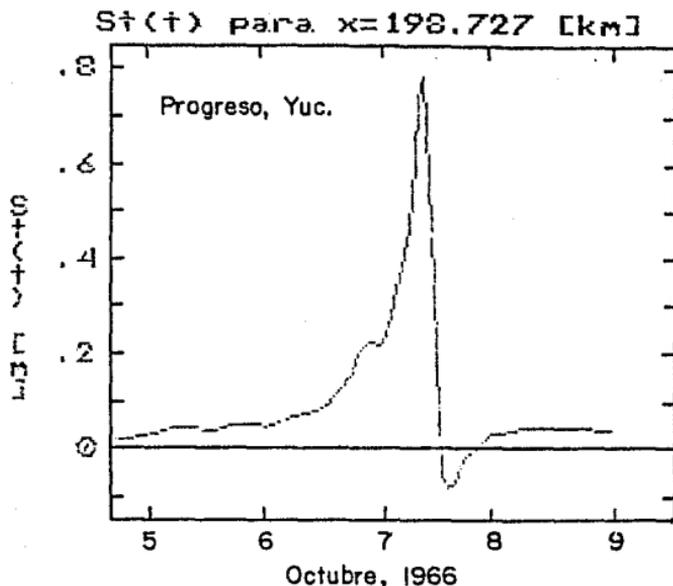


Fig. 27 Marea de Tormenta provocada por el huracán Inez en Progreso, Yucatán.

Esta figura muestra la magnitud de la marea de tormenta que se presentó en el Puerto de Progreso, Yucatán, del día 5 al día 9 de Octubre de 1966.

La sobreelevación máxima alcanzada por el huracán Inez en este puerto fue 80 cms. aproximadamente y se presentó durante el día 7 del mes de Octubre.

De igual forma se puede apreciar, posterior a la sobreelevación un descenso en el nivel del mar; esta sobreelevación negativa se debe a que después del paso del huracán por Progreso, los vientos que actuaban en dirección normal a la costa, cambiaron de dirección y actuaban hacia fuera de la costa, después de esto se aprecia que se normaliza gradualmente el nivel del mar.

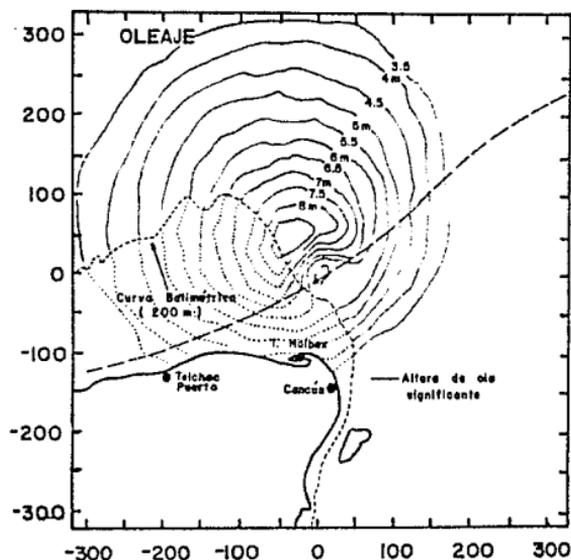


Fig. 28 Generación del Oleaje por el huracán Inez.

El huracán Inez al ubicarse al norte de la Península de Yucatán, el día 7 de octubre de 1966, frente a Sisal, Yucatán, donde alcanzó su elevación máxima al afectar esta población portuaria, al igual que todas las poblaciones costeras, aunque en menor medida.

- Su centro se ubicó en la latitud 21.7° Norte y 89.8° de longitud Oeste.
- El radio del ojo era de 41.7 km.
- la presión central del huracán era de 956 mb., sin ser esta la más baja, ya que esta se presentó en mar abierto y fue de 937 mb.
- La velocidad de avance del meteoro era de 16 km/h.
- La velocidad del viento máximo cerca del ojo era de 136 km/h, pero la máxima registrada fue de 222 km/h, muy cerca del territorio continental mexicano.
- El oleaje máximo significativo que afectó la zona de aguas profundas frente a Sisal, Progreso y Telchac Pto., Yucatán, se estimó en 4.5 m. (ver fig 28).

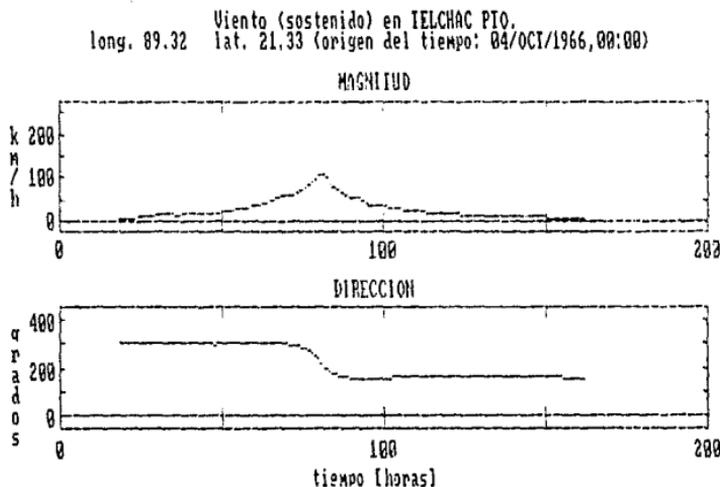


Fig. 29 Velocidad y dirección del viento en Telchac Puerto generado por el paso del huracán Inez.

Esta figura representa la velocidad y dirección del viento provocada por el paso del huracán Inez en Telchac Puerto, Yucatán, los días 5 al 10 de Octubre de 1966.

Durante el día 7 se alcanzó el viento sostenido máximo, provocado por el huracán Inez, en Telchac Puerto, Yucatán, que llegó a ser de 110 km/h con dirección SW.

Los vientos de 110 km/h se registraron a la izquierda de la trayectoria debido a que el meteoro no penetró a territorio peninsular del sureste, por lo que la zona de máximos vientos se ubica en aguas oceánicas, la norte de la Península de Yucatán, como puede verse en la fig.30.

En esta figura (29) se aprecia como los vientos que actuaban inicialmente en una dirección (el día 7 con dirección WSW), cambiaron después del paso del meteoro de dirección, dando un giro aproximado de 180° (el día 9 con dirección ESE).

En la tabla 7 se muestran otros resultados que se obtuvieron mediante la simulación, para otras entidades.

HURACAN INEZ
Comparación de Datos Observados y Modelo

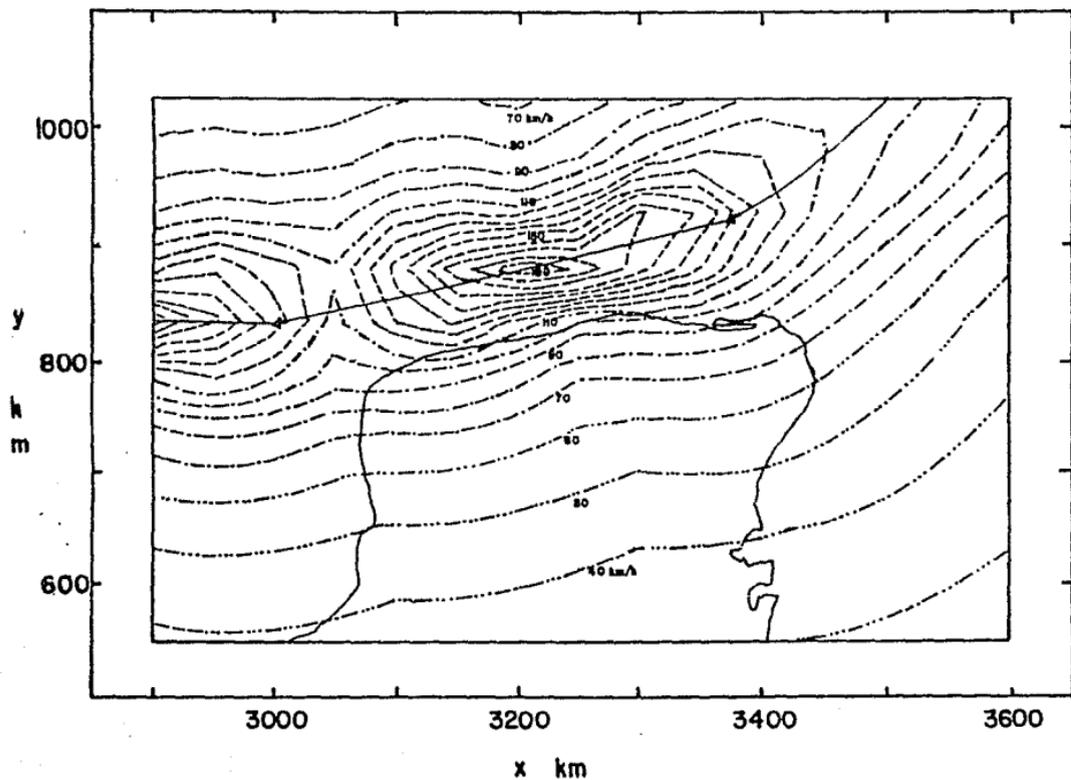
ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 5 / SEP / 1966						DIA 6 / SEP / 1966					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO							175					
Cozumel			19	W	30	WNW			46	SSW	55	WSW
Kantunikin					20	NE					70	ESE
YUCATAN							170					
Telchac Puerto					20	WNW					70	WNW
Mérida			8	NNW	20	WNW			18	NW	70	WNW
Progreso			3	ENE	15	ENE	200		28	SSE	55	ENE
CAMPECHE												
Campeche			6	NNW	10	WNW	108		10	NNW	50	NNW

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 7 / SEP / 1966						DIA 8 / SEP / 1966					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel			15	SSW	30	SSW			4	SE	20	S
Kantunikin					55	SSE					20	S
YUCATAN												
Telchac Puerto					110	SW					40	SSE
Mérida			34	S	100	SW			3	SSE	35	S
Progreso			16	E	120	ESE			8	NE	45	SSW
CAMPECHE												
Campeche			4	SW	60	WSW			4	ESE	50	ESE

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 6. Comparación de valores de viento máximo del huracán Inez.

Vientos maximos producidos por INEZ



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10,60) - - - - Para velocidades de (70,110)

----- Para velocidades de (120,-)

Fig. 30 Vientos máximos generados por el huracán Inez.

4.2.4 Huracán Beulah

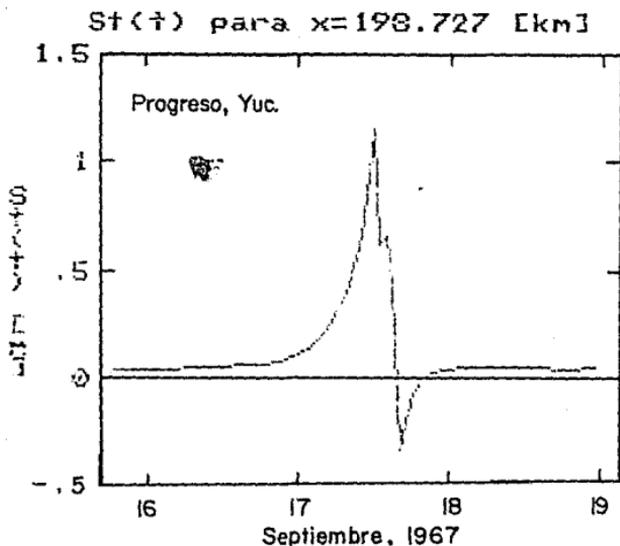


Fig. 31 Marea de Tormenta provocada por el huracán Beulah en Progreso, Yucatán

Este huracán fue el que provocó más daños en su paso por las costas del Sureste de México, debido a que por su intensidad logró cruzar la Península de Yucatán, por lo que afectó gravemente a sus entidades.

La figura muestra la sobreelevación de marea de tormenta por efecto del paso del huracán Beulah, por Progreso, Yucatán, los días 16 a 19 de septiembre de 1967. La sobreelevación total provocada por este meteoro fue de 1.15 m. durante el día 17, esta sobreelevación del nivel del mar si fue registrada en algunos medios de información, al igual que la marea de tormenta negativa que se presenta en esta figura.

Este es un claro ejemplo de la magnitud que pueden alcanzar estos efectos en las costas nacionales, además que cabe aclarar que en estos resultados no se considera el efecto de marea astronómica.

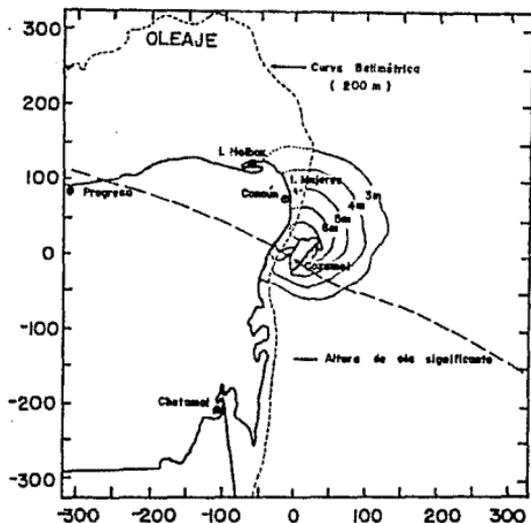


Fig. 32 Generación del Oleaje por el huracán Beulah.

El día 16 de septiembre de de 1967 el huracán Beulah, con una gran intensidad cruzó el territorio peninsular del Sureste de México, pasó hacia el Golfo de México y posteriormente afectó las entidades fronterizas de México y E.U.A.

- El día 16 se localizó el centro del huracán en la latitud 20.5° N y 86.8° de longitud Oeste.
- El radio del huracán era de 21.5 km.
- La presión central del meteoro era de 917 mb.
- La velocidad de traslación del meteoro de 20 km/h.
- La velocidad máxima de este meteoro, justo antes de entrar al territorio peninsular del sureste fue de 182 km/h.
- El oleaje significativo que se presentó en Cozumel y Puerto Morelos fue de 7 m. (ver fig 32).

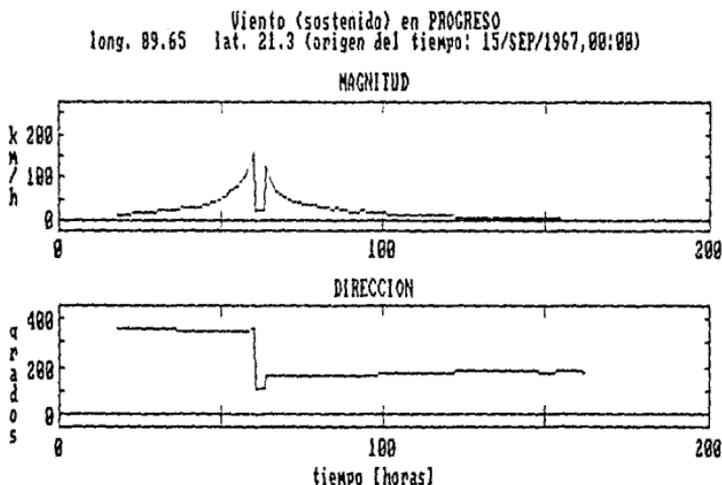


Fig. 33 Velocidad y dirección del viento en Progreso generado por el paso del huracán Beulah.

la figura 33 representa la velocidad y dirección del viento generados por el paso del huracán Beulah en Progreso, Yucatán.

El día 18 de Septiembre el viento sostenido fue de 160 km/h, con dirección de NNW, para el día 19 los vientos habían disminuido a 40 km/h, con dirección SSW.

En esta figura se aprecia como durante el día 18, pasó el ojo del huracán por Progreso, mostrándose en esta figura durante un intervalo muy corto el período de calma, característico de estos fenómenos tropicales de gran intensidad.

En la figura 34 se aprecia la trayectoria y la distribución espacial de las isotacas máximas generadas por el huracán Beulah. En la tabla 8 se presenta otros resultados del modelo.

HURACAN BEULAH
Comparación de Datos Observados y Modelo

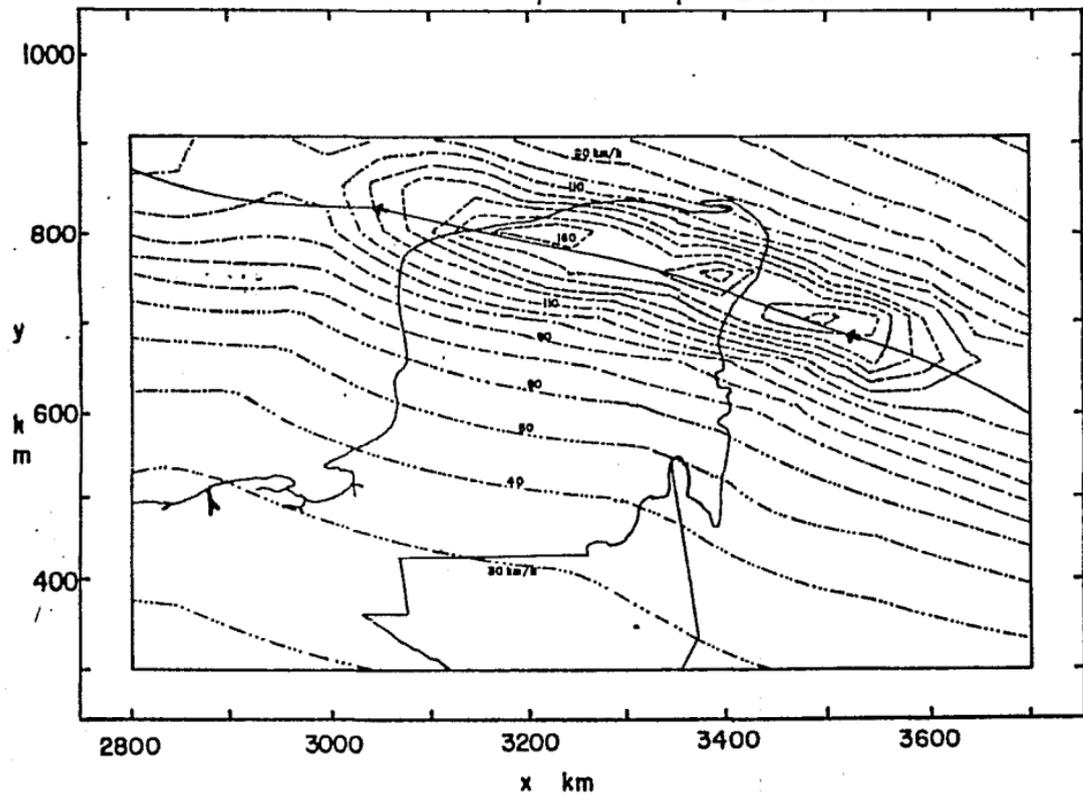
ENTIDAD o MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 16 / SEP / 1967						DIA 17 / SEP / 1967					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel	250		193	N	160	N	185		74	ENE	76	S
Kantunilkin					130	NNW					145	NW
YUCATAN							120					
Dzitas					80	N					155	NW
Telchac Pto.					50	N					150	N
Motul					50	N					155	WSW
Mérida			40	N	50	N	120		24	SE	150	WSW
Progreso			40	NE	45	N	104		64	SSE	160	NNW
Tiximin					70	N					170	N

ENTIDAD o MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 18 / SEP / 1967						DIA 19 / SEP / 1967					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel			15	SSW	10	S			15	SE	10	S
Kantunilkin					30	SSW					10	S
YUCATAN												
Dzitas					30	S					20	S
Telchac Pto.					30	S					20	S
Motul					30	SSW					20	S
Mérida			12	SE	30	S			12	ESE	10	SSW
Progreso			36	SE	40	SSW			36	SE	20	S
Tiximin					30	SSW					10	SSW

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 7. Comparación de valores de viento del huracán Beulah.

Vientos máximos producidos por BEULAH



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10, 60) --- Para velocidades de (70, 110)

---- Para velocidades de (120, -)

Fig. 34 Vientos máximos generados por el huracán Beulah.

4.2.5 Huracán Camille

Viento (sostenido) en COZUMEL
 long. 86.95 lat. 20.52 (origen del tiempo: 14/AGO/1969,00:00)

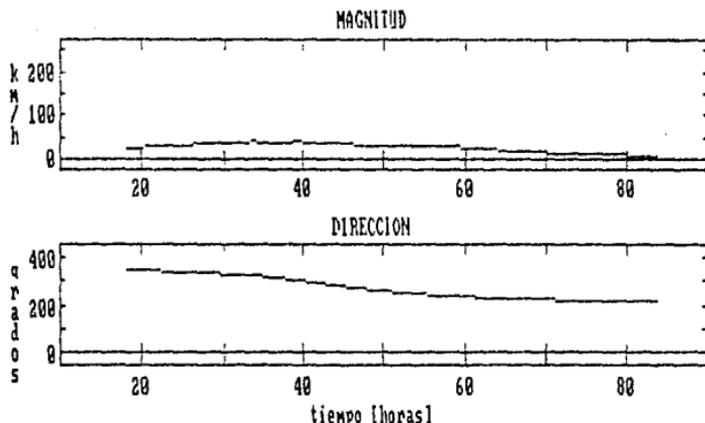


Fig. 35 Velocidad y dirección del viento en Cozumel generado por el paso del huracán Camille

El huracán Camille pasó prácticamente desapercibido, al cruzar este por los límites de las aguas nacionales con Cuba. Este meteoro no causó graves daños en el territorio nacional, sin embargo en los E.U.A., es considerado como uno de los más intensos que se han presentado en sus costas y como el que más daños materiales ha provocado.

No se registraron datos de este huracán en el Servicio Meteorológico Nacional, sólo mediante el modelo, se pudo obtener información aproximada de los vientos del huracán Camille, como lo muestran las figuras 35 y 36.

La figura 35 no representa grandes cambios en el viento y dirección, registrándose el viento sostenido de 50 km/h, con dirección W, los figura muestra los resultados del modelo de simulación para los días 14 y 17 de Agosto de 1969.

En la tabla 8 se muestra el resultado de la simulación para otras poblaciones y en algunos casos se comparan estos, con los registrados por el observatorio meteorológico.

HURACAN CAMILLE
Comparación de Datos Observados y Modelo

ENTIDAD o MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 15 / AGO / 1969						DIA 16 / AGO / 1969					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel					45	NE					30	ENE
Kantunlikin					40	NE					40	ENE
YUCATAN												
Espita					30	NE					30	ENE
Tizimin					30	NE					30	ENE
Telchac					30	NE					30	ENE
Motul					30	NE					30	ENE
Progreso			5	NNE	20	NE			6	NW	25	ENE
Merida			5	NNE	20	NE			10	NW	25	ENE

REP Información reportada en diarios o revistas locales

DIR Dirección del viento

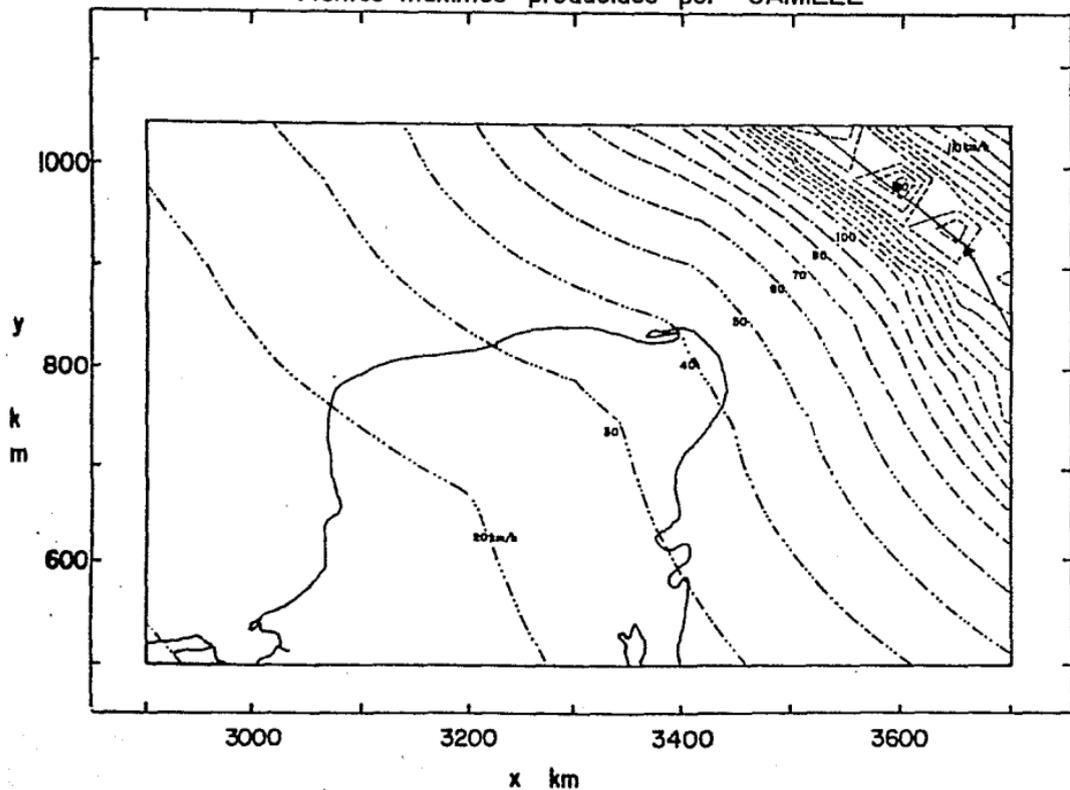
OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional

MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 8. Comparación de valores de viento máximo del huracán Camille

No se reportaron cambios drásticos del viento, al paso del huracán Camille, por lo que para la información periodística no tuvo gran relevancia el paso del meteoro. El Servicio Meteorológico Nacional no reportó cambios significativos del viento, sólo se presentaron en la mayoría de los casos periodos de calma. Sólo mediante el modelo, se pudo obtener información de algunos municipios.

Vientos maximos producidos por CAMILLE



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10,60) - - - - - Para velocidades de (70,110)

----- Para velocidades de (120,-)

Fig. 36 Vientos máximos generados por el huracán Camille.

4.2.6 Huracán Carmen.

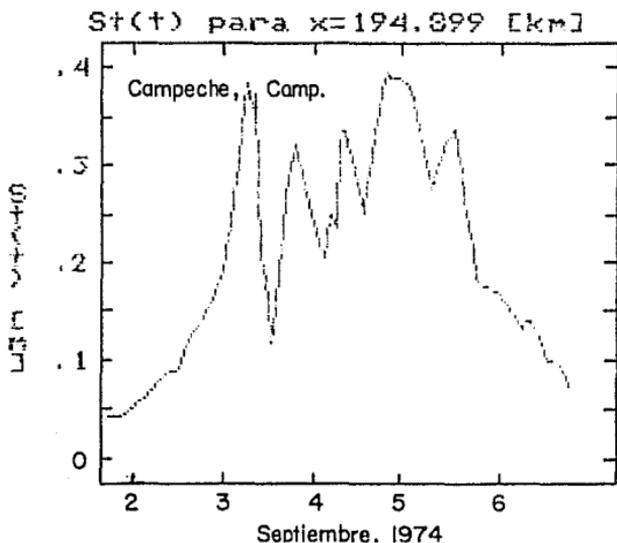


Fig. 37 Marea de Tormenta provocada por el Huracán Carmen en Campeche, Campeche.

La figura representa la marea de tormenta provocada por el paso del huracán Carmen, por Campeche, Campeche durante los días 2 al 6 de Septiembre de 1974.

El carácter oscilatorio que muestra la gráfica se debe principalmente a que el meteoro se mantuvo semiestacionario frente a las costas de Campeche por cuatro días, en este período el meteoro se retroalimentó con las aguas cálidas del Golfo de México, después de que este cruzó la Península de Yucatán.

Las oscilaciones se deben principalmente a altibajos de la presión central del huracán.

Es importante considerar que los resultados que se obtuvieron mediante el modelo de simulación, difícilmente se podría obtener mediante un método nomográfico que se aplicase a este meteoro, ya que la interpretación de los resultados sería mucho más laboriosa.

La sobreelavación por marea de tormenta para la costa de Campeche, Campeche, fue de 38 cms. aproximadamente.

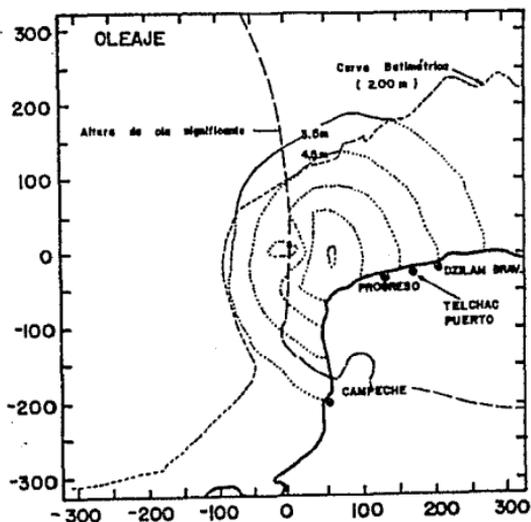


Fig. 38 Generación del Oleaje por el huracán Carmen.

El huracán Carmen afectó durante cuatro días el territorio de la Península de Yucatán. A partir del día 2 de septiembre de 1974 se presentó al sureste de las costas de Quintana Roo, debido a su intensidad este meteoro logró cruzar el territorio peninsular, manifestando nuevamente sus efectos en las costas de Yucatán y Campeche.

- La figura muestra el oleaje presentado por el huracán Carmen, en las poblaciones de Campeche y Yucatán, cuando el meteoro se ubicó en la latitud 21.54° Norte y 90.6° de longitud Oeste.

- El radio de vientos máximos del meteoro era de 46.3 km.

- La presión central de 965 mb, sin ser la más baja en la trayectoria, ya que esta fue de 904 mb.

- Después de cruzar el territorio peninsular, la velocidad de avance del meteoro bajó a 7 km/h, mucho menor a la que presentó este al entrar, que fue de 20 km/h.

- La velocidad del viento máximo de este meteoro era de 120 km/h, sin ser la más alta ya que se reportó una de hasta 232 km/h.

- La altura de ola significante que generó este meteoro, en aguas profundas al noroeste de la Península de Yucatán fue de 4.5 m.

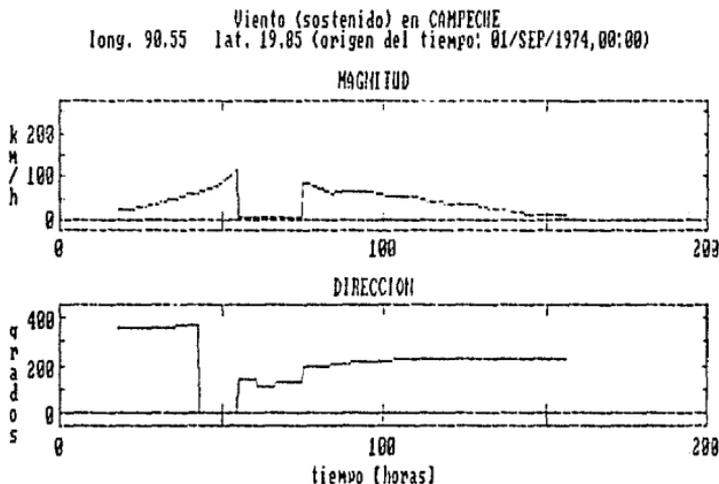


Fig. 39 Velocidad y dirección del viento en Campeche generado por el paso del huracán Carmen

La figura corresponde a la velocidad y dirección del viento, generado por el paso del huracán Carmen, por la Península de Yucatán.

El viento sostenido que se presentó en Campeche, Campeche, por el paso del huracán Carmen, se mantuvo durante 5 días, presentando durante estos, notables oscilaciones, debiéndose estas principalmente a que el meteoro permaneció, durante estos días, semiestacionario frente a las costas de Campeche.

El meteoro se presentó durante los días 1 al 6 de Septiembre de 1974, mediante el modelo se llegó a obtener velocidades sostenidas de hasta 120 km/h, con dirección de SSE.

En la fig. 40 se muestra un mapa del Sureste de México donde además se muestra la trayectoria y la isotacas del viento máximo generado por el huracán Carmen.

La tabla 9 muestra la comparación de los resultados del modelo con los valores registrados del viento del huracán Carmen.

HURACAN CARMEN
Comparación de Datos Observados y Modelo

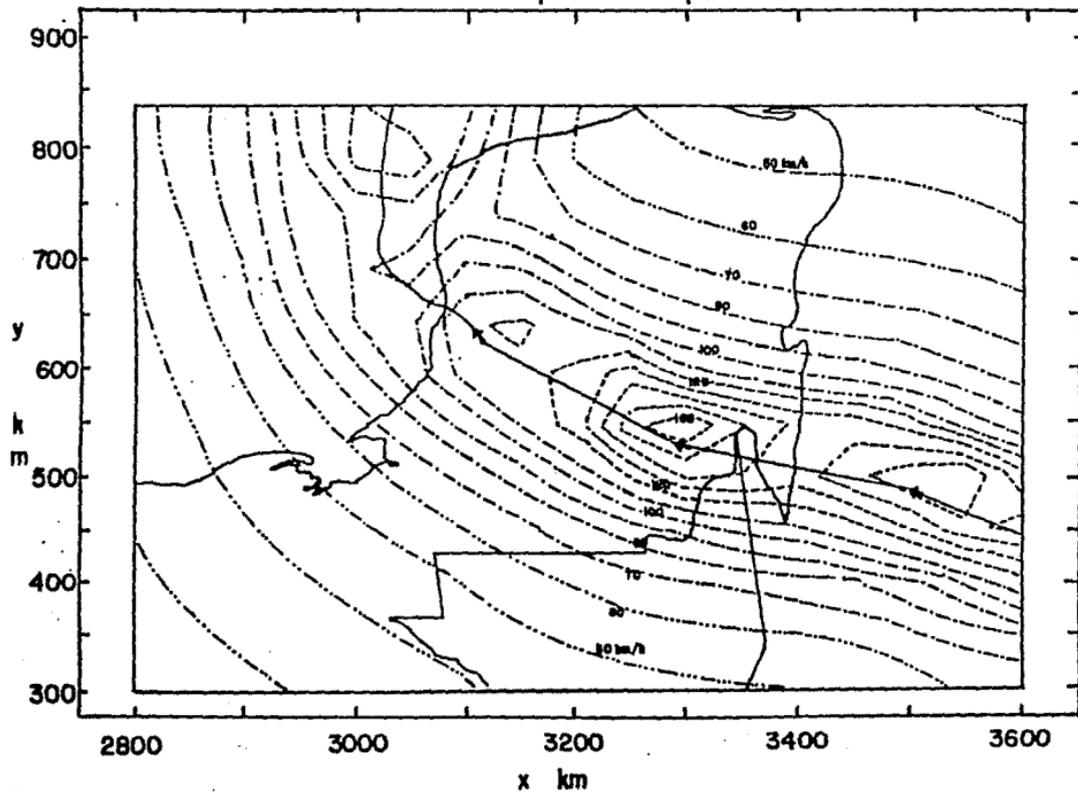
ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 2 / SEP / 1974						DIA 3 / SEP / 1974					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cocoyol					100	E	100				55	ESE
Fpe. Carrillo Pto					90	WSW					30	SSW
CAMPECHE	120											
Hopelchen					120	NW					80	S
Champoton					70	NNE					105	ENE
Campeche	120		43	ENE	75	N			9	NNE	120	SSE
Cd. del Carmen					50	NNE			55	NE		
YUCATAN												
Progreso					55	WNW			32	E	70	ESE

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 4 / SEP / 1974						DIA 5 / SEP / 1974					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cocoyol					30	SSE	250				30	SSE
Fpe. Carrillo Pto					30	S					30	SSE
CAMPECHE												
Hopelchen					55	SSE					50	SE
Champoton					60	E					55	E
Campeche			54	SSW	80	SSW			47	SSW	60	SW
Cd. del Carmen					45	ESE					10	E
YUCATAN												
Progreso			18	ESE	55	SSW			40	SSE	65	SSE

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 9. Comparación de valores de viento máximo del huracán Carmen

Vientos máximos producidos por CARMEN



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10,60)

-.-.-.- Para velocidades de (70,110)

———— Para velocidades de (120, -)

Fig. 40 Vientos máximos generados por el huracán Carmen.

4.2.7 Huracán Fifi.

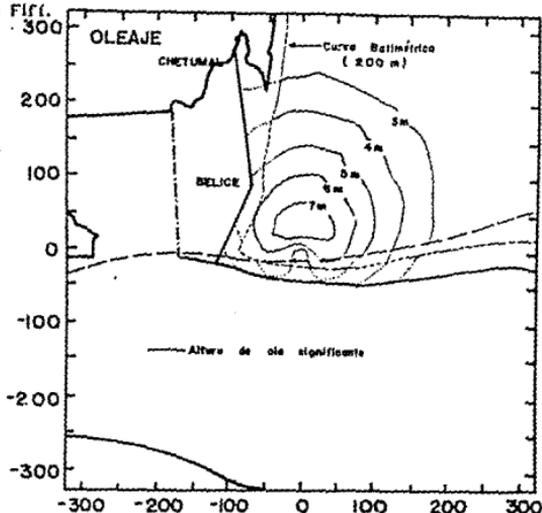


Fig. 41 Generación del Oleaje por el huracán Fifi.

Este huracán entró por territorio Guatemalteco, al sur de Belice, con una velocidad máxima de vientos de 140 km/h y una velocidad de translación de 13 km/h; salió por el estado de Oaxaca hacia el Océano Pacífico, con un nuevo nombre "Orlene". Causó un oleaje de hasta 7 metros, frente a las costas de Guerrero.

- La figura muestra al huracán Fifi frente a las costas de Belice, al ubicarse en la latitud 16.16° Norte y 87.7 grados de longitud Oeste.
- Con un radio de vientos máximos, con respecto al centro del meteoro de 36 km/h.
- La presión central del meteoro era de 953 mb.
- La velocidad de avance de 13 km/h.
- Los vientos máximos cerca del centro de 139 km/h.
- La altura de ola significativa que probablemente afectó las costas proximas a Chetumal, Q.R., fue de 3 mts.

Este huracán al entrar al Océano Pacífico se fortaleció aún más y como huracán efecto en su conjunto a 16 Estados de la República; principalmente mediante intensas lluvias.

En el caso de este huracán no se presentan, resultados del modelo de simulación de marea de tormenta, debido a que este efecto no se presentó en las entidades del Sureste, pero no se excluye la posibilidad de que este efecto se haya presentado en las costas del Pacífico.

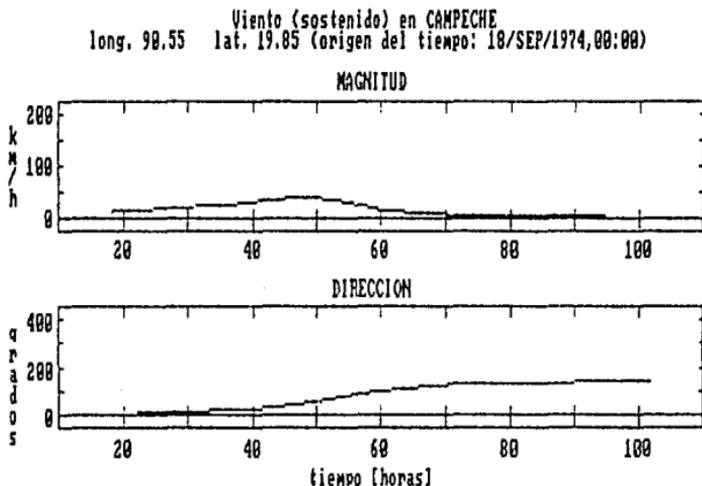


Fig. 42. Velocidad y dirección del viento en Campeche generado por el paso del huracán Fifi.

En la figura se aprecia la velocidad y dirección del viento generadas por el paso del huracán Fifi, los días 18 al 21 de Septiembre de 1974, por Campeche, Campeche.

El huracán Fifi entró por territorio de Belice, al entrar a territorio guatemalteco bajo su intensidad y ya como tormenta tropical entró a México, dejando sentir sus efectos principalmente en el Estado de Chiapas y Tabasco.

La figura 42 representa la velocidad del viento en la Cd. de Campeche, Campeche., durante los días 18 al 21 de Septiembre de 1974. Durante el día 19 el viento sostenido fue de 50 km/h con dirección NNE.

Esta figura (42), al igual que las anteriores, no representa las condiciones máximas del viento, debido a que en la simulación no se consideraron todas las poblaciones (ver tabla 10), pero estas condiciones del viento máximo se establecen en la fig 43, donde además de la trayectoria del huracán Fifi, se muestran las líneas de las isótaicas, mostrando a ambas características y su distribución en el espacio.

La tabla 10 se realizó para comparar los valores de viento obtenidos mediante el modelo y los registrados por los observatorios meteorológicos.

HURACAN FIFI
Comparación de Datos Observados y Modelo

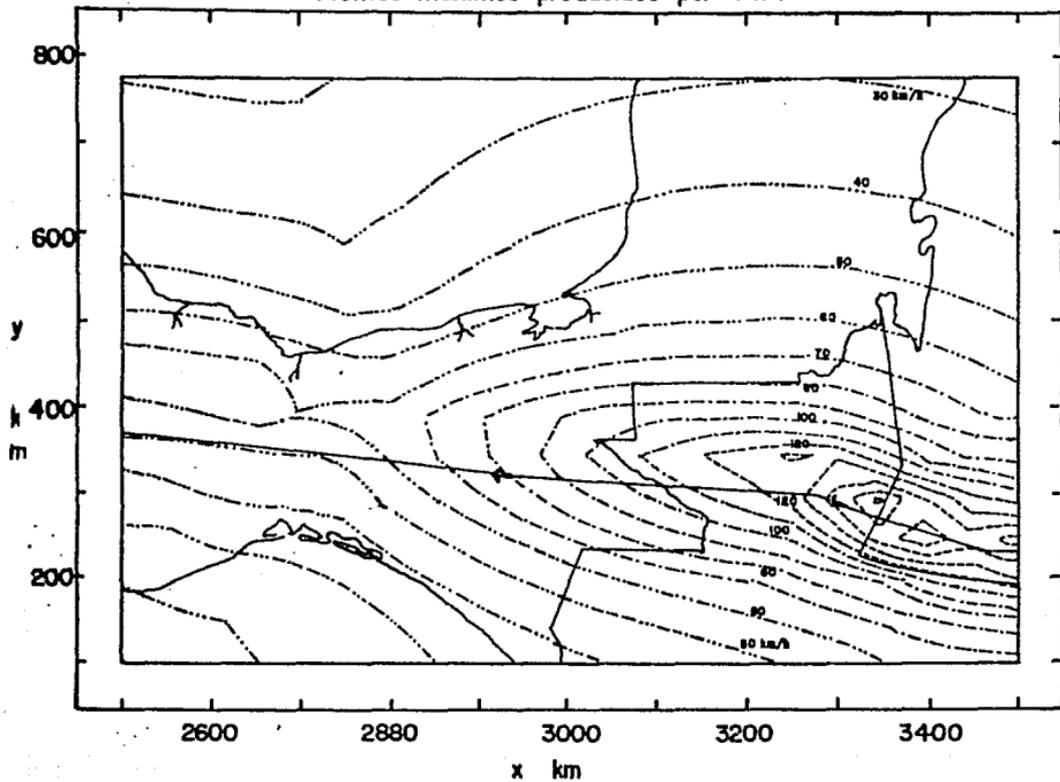
ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 19 / SEP / 1974						DIA 21 / SEP / 1974					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
Q.R. Cocevol					65	SSW					50	SW
CAMP. Escarcega					55	W					55	W
Cd. del Carmen					45	NNW					50	SW
Campeche			40	ENE	50	ENE			50	ESE	30	ENE
CHPS. Palenque					55	N					85	NW
Comitan					55	NNE					70	NE
Tonala					30	NNE					40	NE
Tuxtla Gtz.					40	NNE					60	NNE
Tapachula			11	SE	50	W			37	SE	20	SW

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 21 / SEP / 1974						DIA / /					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
Q.R. Cocoyol					5	S						
CAMP. Escarcega					5	SW						
Cd. del Carmen					10	SW						
Campeche			6	ESE	5	ESE						
CHPS. Palenque					10	S						
Comitan					10	S						
Tonala					10	S						
Tuxtla Gtz.					10	S						
Tapachula			2	SE	5	S						

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 10. Comparación de valores de viento máximo del huracán Fifi

Vientos maximos producidos por FIFI



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10,60) - - - - - Para velocidades de (70,110)

----- Para velocidades de (120, -)

Fig. 43 Vientos máximos generados por el huracán Fifi.

4.2.8 Huracán Greta.

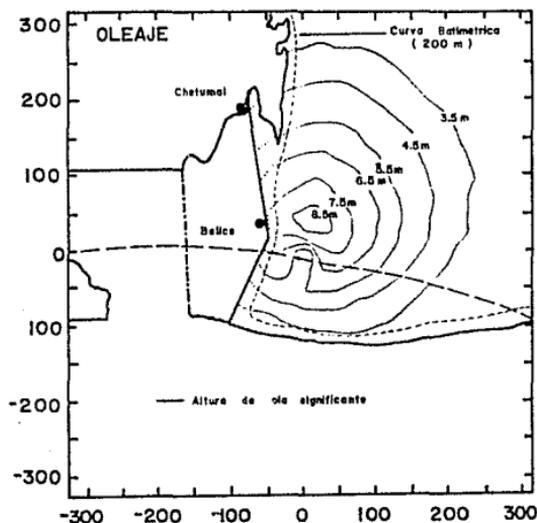


Fig. 44 Generación del Oleaje por el huracán Greta.

El huracán Greta con una trayectoria muy similar a la del huracán Fifi, entro por territorio de Belice el día 20 y se disipó en el estado de Chiapas, México.

- El día 20 de Septiembre se ubicó frente a las costas de Belice, en la latitud 16.9° Norte y la longitud 87.7° Oeste.
- El radio de los vientos máximos con respecto al centro del huracán era de 42.7 km/h.
- La presión central del huracán de 964 mb.
- la velocidad de avance del meteoro de 25 km/h.
- La velocidad del viento máximo de 132 km/h.
- Alcanzó una altura de ola significativa de 4.5 m. en Chetumal, Quintana Roo.

Para este huracán no se presentan resultados de marea de tormenta, debido a que estos fueron de escasa magnitud, ya que el meteoro se encontraba muy lejos de las costas nacionales.

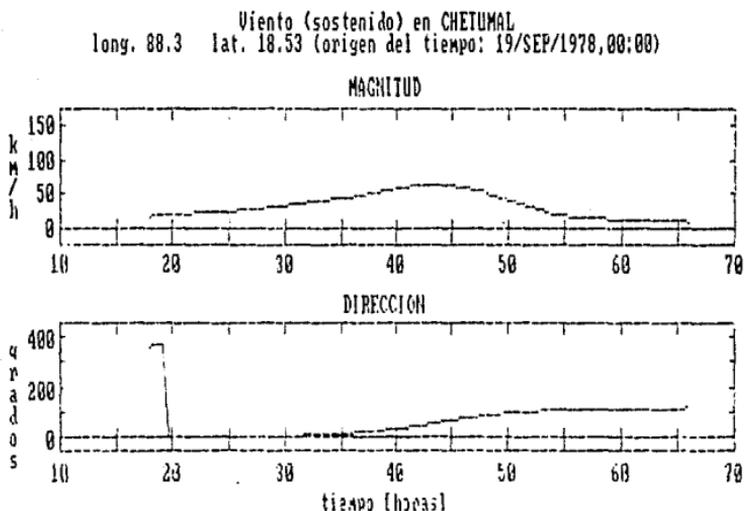


Fig. 45 Velocidad y dirección del viento en Chetumal generado por el paso del huracán Greta.

Esta figura presenta el viento y dirección generado por el paso del huracán Greta por la Cd. de Chetumal, Quintana Roo, los días 19 al 21 de Septiembre de 1978.

El meteoro no causó graves daños a la población del Sureste de México, se disipó en territorio de Chiapas.

El día 20 de Septiembre de 1978, el viento sostenido fue de 60 km/h y con dirección NE.

La tabla II muestra los resultados de la simulación para otras entidades del Sureste de México.

La fig 46 representa mediante isotacas las condiciones del viento en el Sureste de México, además de que su distribución en el espacio permite observar cuales fueron los vientos probables en las poblaciones costeras.

HURACAN GRETA

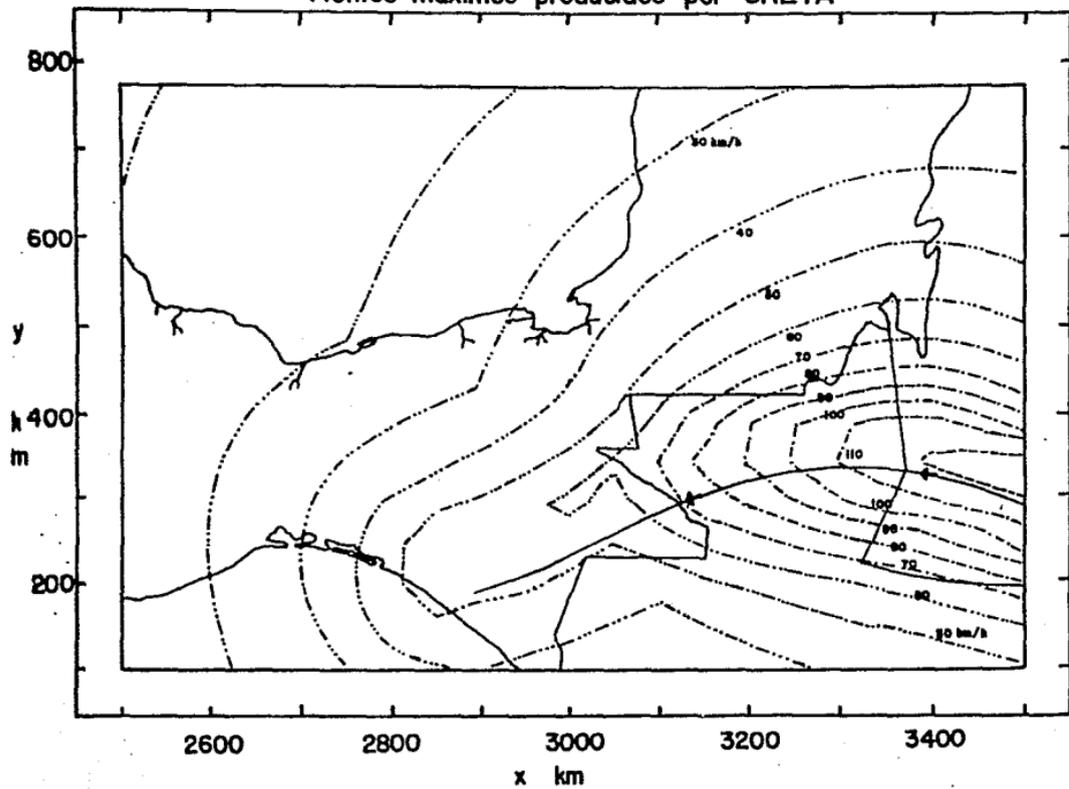
Comparación de Datos Observados y Modelo

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 20 / SEP / 1978						DIA 21 / SEP / 1978					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO	80											
Chetumal					60	ENE				60	ESE	
Fpa. Carrillo Pto					45	NE				40	ESE	
Cozumel			22	E				22	E	30	ESE	
CAMPECHE Camp.			29	SE	40	N		37	E	45	NNE	
CHIAPAS												
Comitan					40	NNW				55	ESE	
Tapachula			18	SW	30	NW		14	SW	40	WSW	
Sn. Cto. las C.			7	NNE	30	NNW		7	NNW	40	N	

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla II. Comparación de valores de viento máximo del huracán Greta

Vientos maximos producidos por GRETA



ISOTACAS A CADA 10 km/h

----- Para velocidades de (10,60) - - - - Para velocidades de (70,110)

----- Para velocidades de (120, -)

Fig. 46 Vientos máximos generados por el huracán Greta.

4.2.9 Huracán Allen.

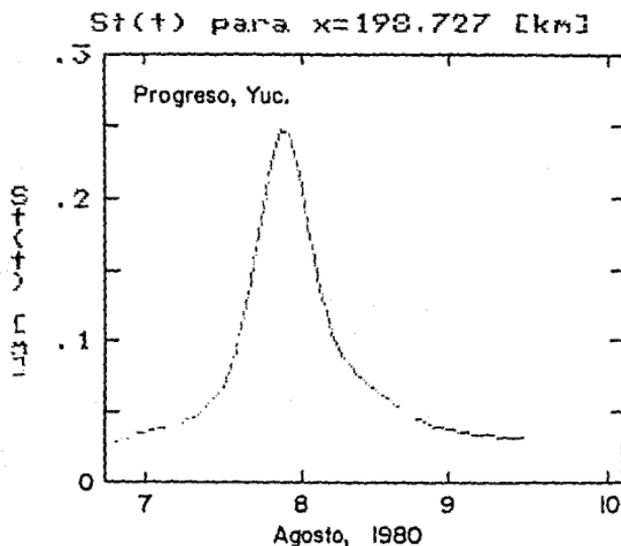


Fig. 47 Marea de Tormenta provocada por el huracán Allen en Progreso, Yucatán.

La figura es una gráfica típica de la sobre elevación por marea de tormenta, en esta se muestra la sobre elevación generada por el paso del huracán Allen, cerca de Progreso, Yucatán, el hecho de que algunas de las gráficas que se presentaron en esta investigación no dan valores muy altos se debe a que los meteoros no entraron directamente por las zonas analizadas, es decir entraron por zonas despobladas o de menor importancia económica. Las zonas que se escogieron en esta investigación son aquellas que representan una importancia para la economía del país, por lo que no necesariamente estas muestran las condiciones máximas de los efectos del huracán.

En este caso, el huracán Allen, no afectó directamente al territorio del Sureste de México, pero sus efectos sí se presentaron aunque en menor magnitud.

La figura muestra una sobre elevación de 25 cm. por efecto del paso del huracán.

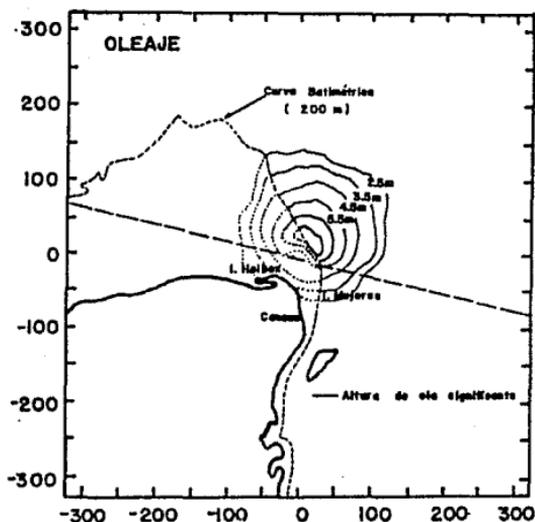


Fig. 48 Generación del Oleaje por el huracán Allen.

El huracán Allen, a pesar de ser uno de los más intensos que se han generado en el Atlántico Norte, no afectó las costas de la Península, ya que la trayectoria que siguió, no cruzó el territorio peninsular.

En la figura se presenta el oleaje generado por el huracán Allen se ubica en la latitud 21.8° Norte y 86.7° de longitud Oeste.

- El radio de los vientos máximos del huracán era de 18.7 km/h.
- La presión central del huracán de 903 mb.
- La velocidad de translación de 29 km/h.
- La velocidad del viento máximo de 196 km/h.
- La altura de ola significativa máxima que se presentó en territorio nacional fué de 3.5 m. y se presentó en la Isla de Holbox.

Este huracán no causó graves daños a la Península de Yucatán, pero sí en el Estado de Tamaulipas y en el sur de los E.U.A.

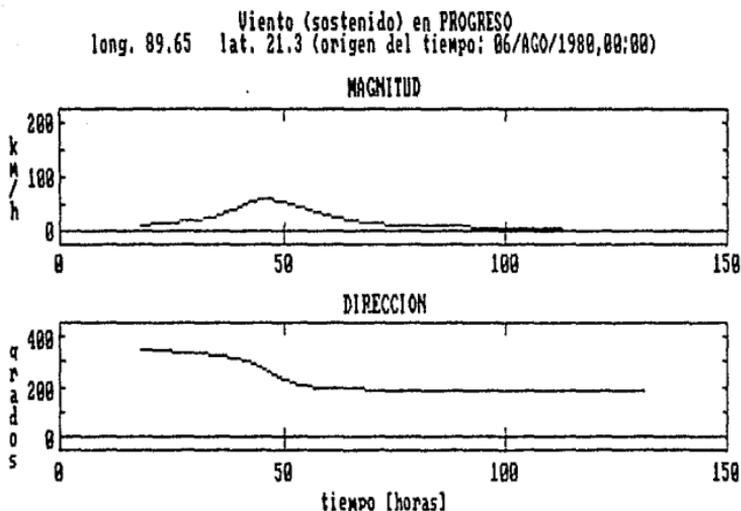


Fig. 49 Velocidad y dirección del viento en Progreso generado por el paso del huracán Allen

En esta figura se aprecia la dirección y velocidad del viento provocado por el paso del huracán Allen, en Progreso, Yucatán. Este huracán fue uno de los de mayor intensidad, que se han presentado próximos a las costas del Sureste de México, sin llegar a cruzar el territorio de la Península de Yucatán.

El huracán Allen se presentó al norte de la Península de Yucatán, los días 6 al 9 de agosto de 1980.

Los vientos que se presentaron en Progreso, fueron a los generados a la izquierda de la trayectoria del huracán (en esta zona el área de influencia de los vientos máximos, es menor a el área influencia que se genera a la derecha de la trayectoria), por lo que estos fueron de poca intensidad.

Mediante el modelo de simulación se obtuvo un valor de hasta 80 km/h en la velocidad del viento, durante el día 7 de Agosto de 1980.

La fig 50 corresponde a un mapa de isotacas y trayectoria del huracán Allen, en su paso por el Sureste de México.

Además en la tabla 12, se muestran los resultados de la simulación para otras poblaciones, comparando a estos en algunos casos, con las mediciones de los observatorios meteorológicos.

HURACAN ALLEN
Comparación de Datos Observados y Modelo

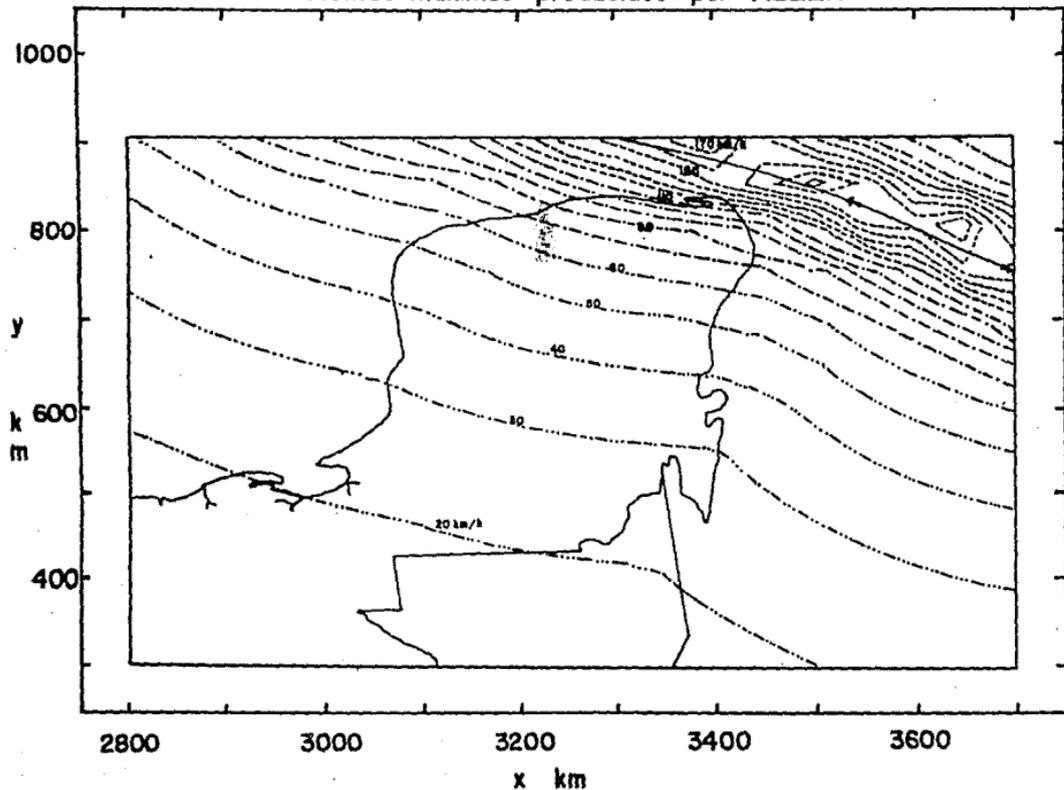
ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 7 / AGO / 1980						DIA 8 / AGO / 1980					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel			126	NW	60	E			29	SE	30	S
Kantunilkin					75	ENE					40	SSE
YUCATAN												
Dzitas					55						40	
Telchac Puerto					75	E					50	ESE
Motul					60						45	
Mérida			25	NW	60	E			17	S	45	ESE
Progreso			22	W	70	ENE			21	WSW	60	E

ENTIDAD O MUNICIPIO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN km/h Y DIRECCION											
	DIA 9 / AGO / 1980						DIA 10 / AGO / 1980					
	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR	REP	DIR	OBS	DIR	MOD	DIR
QUINTANA ROO												
Cozumel			22	SE	5	S			18		5	S
Kantunilkin					10	SSE					5	S
YUCATAN												
Dzitas					10						5	
Telchac Puerto					10	ESE					5	ESE
Motul					10						5	
Mérida			7	ESE	10	ESE					5	ESE
Progreso			7	ESE	10	SE					5	SE

REP Información reportada en diarios o revistas locales
 DIR Dirección del viento
 OBS Información del Observatorio Meteorológico Nacional
 MOD Resultado del Modelo de simulación histórica.

Tabla 12. Comparación de valores de viento máximo del huracán Allen

Vientos maximos producidos por ALLEN



ISOTACAS A CADA 10 km/h

.....Para velocidades de (10, 60) --- Para velocidades de (70, 110)

----- Para velocidades de (20, -)

Fig. 50 Vientos máximos generados por el huracán Allen.

CAPITULO V

MATRICES DE DAÑOS

5.1 INFORMACION ESTADISTICA DE DAÑOS.

En el capítulo anterior, se analizaron los efectos que causan los huracanes al paso por los municipios y entidades costeras, del Sureste de México. Los resultados que se obtuvieron nos indican que en algunos casos, sus peligrosos efectos se prolongaron durante varios días, al pasar el fenómeno por las costas nacionales. Pero a pesar de estos resultados no nos permite ver hasta que punto afectaron estos, las entidades costeras del Sureste de México; por lo que en este capítulo se presentan matrices de daños que relacionan los efectos (principalmente viento) y los daños que causaron los huracanes en su paso por las entidades costeras del Sureste del país. Para relacionar los efectos que causan los huracanes con los daños, se acudió a Secretarías y Dependencias Oficiales, que entre sus actividades desarrollan alguna actividad portuaria. La búsqueda de esta información fue infructuosa ya que la gran mayoría de estas secretarías y dependencias no cuenta con este tipo de información.

La falta de continuidad en los proyectos y en las medidas para la protección de la población, ante el paso de estos meteoros, es una de las principales causas de que año con año se susciten daños a la población e instalaciones costeras y además de ser ésta, la principal causa del vacío de información.

La importancia de contar con información de daños que producen los efectos de los huracanes en las entidades costeras, sería de gran utilidad, ya que mientras más se conozcan las causas y los efectos que generan los daños, mayor será la probabilidad de evitar que estos ocurran.

La Dirección General de Protección Civil, de la Secretaría de Gobernación y la Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, dependiente de la Comisión Nacional del Agua, son los dos únicas dependencias que cuentan actualmente con registros de daños, provocados por los fenómenos hidrometeorológicos que han sucedido. Lamentablemente sus registros más antiguos son de 1960 y la información que tiene no relaciona las

características de los huracanes y los daños que provocan estos, por lo que poco o nada pueden servir como referencia del paso del meteoro.

A partir de 1988, se han incrementado los estudios que se realizan para conocer los efectos que producen los huracanes en las obras marítimas y obras costeras. El paso del huracán Gilbert por el Sureste y Noreste de México, despertó el interés de las autoridades, para conocer más acerca de estos meteoros, debido a los cuantiosos daños que éste ocasionó durante su recorrido por las zonas ya antes citadas.

Los daños que ocasionó en México fueron cuantiosos, se estimaron en \$660,000,000 (dólares americanos de 1988) y dejó un total de 200,000 damnificados. Las entidades más dañadas fueron: Quintana Roo, donde se estimaron pérdidas por más de \$526,000,000 de dólares; Yucatán, con pérdidas de más de \$106,000,000 de dólares; Nuevo León, con \$86,000,000 de dólares en pérdidas. En particular, en las entidades del Sureste de México provocó la evacuación de más de 65,000 personas, tan sólo de Cancún se evacuaron 6,000 personas y 5,000 de las plataformas petroleras de la Sonda de Campeche. La pluviosidad promedio fue del orden de 160 mm/h, con un ras de mar (marea de tormenta) de 2.5 m. (en Progreso, Yucatán), y vientos máximos de 282 km/h, el huracán traía una presión en el centro menor a 900 mb.. Su intensidad fue tan grande que no sólo afectó las costas, sino también el ecosistema del lugar, derribando grandes extensiones de árboles y afectando gravemente la fauna silvestre.

Este huracán llegó a ubicarse como el huracán más intenso, que se ha presentado durante este siglo y uno de los más catastróficos que se han presentado durante el mismo período.

El paso de este huracán y el de los que se estudiaron en esta tesis, con un indicativo muy claro, en lo que se ha de esperar en un futuro cercano, por lo que en lo sucesivo, no podemos esperar a que otro de estos fenómenos hidrometeorológicos nos afecte, para ver cuales son las medidas que se tomarán para rehabilitar la infraestructura y ayudar a la población.

El único medio para realizar la planeación, prevención y protección de las zonas expuestas, es la investigación; ya que el conocimiento que se tenga de estos fenómenos hidrometeorológicos, ayudarán a normar la vida y la actividad económica de la región.

En este capítulo, se presentan los daños que provocaron los huracanes en las costas del Sureste de México, Centroamérica y el Caribe, todos estos daños estarán en función en primer término, de los vientos máximos generados por el paso de los huracanes. Los vientos máximos que se presentan, se obtuvieron mediante el modelo de simulación de viento. No se consideraron los valores reportados por las fuentes periodísticas, debido a las discrepancias entre estas fuentes, además de que normalmente, este medio de información reporta valores que se presentaron en el centro del meteoro y no los presentados en la zona afectada.

La información de los daños provocados por el paso de los huracanes se presenta en arreglos que relacionan la velocidad del viento máximo con los daños materiales, económicos y humanos, así como con otras de sus características (oleaje, marea y lluvia).

UBICACION Y PERIODO DE OCURRENCIA	LOGARES AFECTADOS	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO EN (km/hr) (MOD)	NUMERO DE FUERTES	NUMERO DAMNIFICADOS.	NUMERO DE EVACUADOS	NUMERO DE VIVIENDAS DAÑADAS	DATOS EN MILIS DE DOLARES	DATOS EN LA PRODUCC. DE ALIMENTOS (mls. \$)	DATOS EN LA IND. MARIT. Y DE SERV. (mls. \$)
"ANNA" DEL 21 AL 24 DE JULIO DE 1961									
	HONDURAS	90							
	PELICÉ	110							
	GUATEMALA	90							
"CARLA" DEL 5 AL 12 DE SEP. DE 1961	CHIAPAS	40							
	QUINTANA ROO	90		600		37			
	YUCATAN	80							
"IBEZ" DEL 27 DE SEP. AL 10 DE OCT. DE 1966	E.U.A.	140	22	500.000	*				
	S. VIRGENES	60							
	IS. GUADALUPE	160	40	10.000		5000		*	
	REP. DOMINIC.	120	200		5.000	200	1.000		
	HAITI	160	1000	*					
	CUBA	160	250	*	274.000	400		*	
	BAHAMAS	100	100						
	E.U.A.	75	1			160	10.000		
	QUINTANA ROO	70							
	YUCATAN	100	1	15.000	15.000	243	80	*	
"BEGLAR" DEL 8 AL 23 DE SEP DE 1967									
	S. MARTINICA	70	13	100		*		*	
	S. PTO. RICO	60	1			*	150		
	REP. DOMINIC.	80	*			*	10.000	*	
	S. JAMAICA	45	10	*		*		*	
"CAMILLE" DEL 14 AL 22 DE AGO DE 1969	QUINTANA ROO	170	2	5000	260	200	40		
	YUCATAN	160	5			825	13.600	5.600	8.000
	CAMPPECHE	90	1	19.000					
"CAMILLE" DEL 14 AL 22 DE AGO DE 1969	CUBA	130	3	77.300	15.000	202		*	
	E.U.A.	200	513	200.000	100.000	4000	1.132.000		

(MOD) Las velocidades maximas que se presentan en esta tabla corresponden a las que se obtuvieron mediante el modelo de simulacion del viento y corresponden a velocidades sostenidas.

Continúa de la página anterior...

ALTEZA DE OLA REPORT. II (m)	ALTEZA DE MARJA REPORT. II (m)	LAMINA PRECIPITADA II (mm)	DAOS II OBR/S COST. SI / NO	DESORD. DE CAUCES SI / NO	INUNDACION DE AGUAS SAL. SI/NO	DAOS SIG. POR VIENTO SI / NO	DAOS SIG. DE SERVICIOS SI / NO
1.5 - 2			SI				SI
	5						SI
3	5		SI				
						SI	
						SI	SI
						SI	SI
						SI	SI
				SI		SI	SI
6 - 8	1.3 - 2		SI		SI	SI	
10			SI				
8	3 - 5	300			SI	SI	SI
						SI	SI
				SI	SI	SI	SI
			SI		SI	SI	SI
	1.5					SI	SI
			SI		SI	SI	SI
			SI		SI	SI	SI
	2.5			SI	SI	SI	SI
6	8.0			SI	SI	SI	SI

(*) Si se reporta informacion, pero no se especifica la cantidad.

() No reporta nada de informacion.

HORAS Y PERIODO DE OCURRENCIA	LOGAROS AFECTADOS	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMO KI (km/hr) (MOD)	NUMERO DE MUERTOS	NUMERO DE DAÑIFICADOS.	NUMERO DE VACUADOS	NUMERO DE VIVIENDAS DAÑADAS	DAÑOS EN MILRES DE DOLARS (mls. \$)	DAÑOS EN LA PROGUC. DE ALIMENTOS (mls. \$)	DAÑOS EN LA INF. MANUF. Y DE SERV. (mls. \$)
"CARMEN" DEL 29 DE AGO AL 8 DE SEP DE 1974	JAMAICA	130							
	BELICE	110							
	QUINTANA ROO	160		25,000	"	"	11,253	6,072	5,180
	CAMPECHE	120		5,000	5,000	"	"	"	"
	YUCATAN	80		"	4,000	"	"	"	"
	E.U.A.	190	2	160,000	60,000	"	100,000	"	"
"FIFI-ORLEANS" DEL 16 AL 20 DE 1974	NICARAGUA	90	7	3000					
	HONDURAS	140	10,000	500,000		20,000	1,000,000	500,000	5
	EL SALVADOR	140	30						
	BELICE	140						10	
	CHIAPAS	90	10	30,000	"	35			
	TABASCO	90		500	"				
"GRETA" DEL 14 AL 19 DE 1978	HONDURAS	120	4			400			
	GUATEMALA	90	5	"	"	"	"	"	
	BELICE	100	4			80	"	"	
"ALLEN" DEL 1 AL 11 DE 1980	J. BARBADOS	120	"			30			
	REP. DOMINIC	60	3	400		100		"	
	I. HAITI	90	100	76,000		19,000			
	I. JAMAICA	80	8			"		"	
	CUBA	140	3			11,000			
	YUCATAN	100		"	3,500	30			
	QUINTANA ROO	100		"	13,500				
E.U.A.	130	17	200,000	200,000		200,000			

(MOD) Las velocidades maximas que se presentan en esta tabla corresponden a las que se obtuvieron mediante el modelo de simulacion del viento y corresponden a velocidades sostenidas.

ALTURA DE OLA REPORT. EN (m)	ALTURA DE MARZA REPORT. EN (m)	LANUDA PRECIPITADA EN (mm)	DATOS EN OBRAS COSY. SI / NO	DESBOYD. DE CANCES SI / NO	INUNDACION DE AGUAS SAL. SI/NO	DATOS SIGR. POR VIENTO SI / NO	DATOS SIGR. DE SERVICIOS SI / NO
	1.5 - 5						
	1.5 - 5				SI	SI	SI
		58 - 60				SI	SI
*	4	250				SI	SI
				SI		SI	SI
5 - 6	*		*	SI	SI	SI	SI
							SI
3 - 3.5							SI
				SI		*	SI
						*	SI
3	1.5			SI		SI	SI
		390		SI		SI	SI
					SI	SI	SI
			SI				
5					SI	SI	SI
						SI	SI
5							

(*) SI se reporta informacion, pero no se especifica la cantidad.

() No reporta nada de informacion.

La información que se presentó en los anteriores arreglos, nos permite observar la relación existente entre los efectos del huracán y los daños provocados por estos.

En el caso del huracán Carla, éste presentó velocidades de viento máximo en los E.U.A. de 140 km/h, provocando 22 muertos y dejando a 500,000 damnificados aproximadamente; este meteoro provocó un oleaje de 3 m. y una sobre elevación del nivel del mar de 5m. Los daños provocados por este huracán en Quintana Roo, fueron inferiores a los presentados en los E.U.A., ya que en esta entidad la velocidad del viento máximo fue de 90 km/h, que provocó un oleaje aproximado de 2.0 m y tan sólo causó la pérdida de 37 viviendas de construcción endeble, además de dejar 600 damnificados.

El huracán Inez presentó un viento máximo de 160 km/h en su paso por I. Guadalupe, Haití y Cuba, y es precisamente en estas entidades donde causó los más graves daños, causando 1,300 muertos y dañando a más de 5000 viviendas.

El huracán Beulah que penetró la Península de Yucatán por el norte de Quintana Roo, con vientos de 170 km/h, afectó los estados de Yucatán y Campeche con velocidades de 160 y 90 km/h respectivamente, provocó la evacuación de 24,000 personas.

El huracán Camille no afectó las costas nacionales, pero sí afectó de forma considerable a los E.U.A. y Cuba, con vientos de 200 y 130 km/h respectivamente, causó la muerte de 513 personas en las entidades de la costa del Golfo de México de los E.U.A., dejó damnificados a 200,000 personas y provocó la evacuación de 100,000, además de presentarse una altura de ola de hasta 6m y una marea de tormenta extraordinariamente alta (8m) cerca de Biloxi, Mississippi.

El huracán Carmen cruzó la Península de Yucatán por Quintana Roo con vientos de 160 km/h, afectando a Yucatán con vientos de 80 km/h y a Campeche con vientos de hasta 120 km/h; en Quintana Roo se estimó un oleaje de hasta 5 m de altura.

El huracán Fifi pasó a ser uno de los más catastróficos que se han presentado en la historia, al afectar el norte de Honduras con vientos máximos de 140 km/h y un oleaje de hasta 5 m, las pérdidas de vidas en este país se estimaron en 10,000 además de dejar a 500,000 personas damnificadas y dañar a más de 20,000 viviendas, las pérdidas económicas se estimaron en más de \$1,800,000,000 de dólares (americanos de 1974).

De toda la información presentada, se puede concluir que la magnitud de los daños depende directamente de los efectos que genera el huracán, pero también de otros factores determinados por la geografía e hidrología del lugar, sin olvidar el factor población, que sin duda alguna es el más importante, en la determinación de los daños. De los daños mostrados se observa claramente que estos son de mayor consideración en las zonas más densamente pobladas.

CAPITULO VI

**VULNERABILIDAD DE LAS COSTAS DEL
SURESTE DE MEXICO.**

6.1 Vulnerabilidad de las costas del Sureste de México.

Los huracanes que se generan en la zona ciclógena del Atlántico Norte, a su paso por las costas del Sureste de México han puesto al descubierto la vulnerabilidad de estas costas, generando cuantiosos daños en las obras e instalaciones costeras, así como a la población en general.

Ya se ha mencionado con anterioridad (Capítulo II), cuales son los factores que influyen (intensidad del huracán, características fisiográficas, batimetría, ..., etc.) para que se tengan o se generen en mayor magnitud los efectos que causan los daños.

En este capítulo se presentará una regionalización de las zonas expuestas a estos efectos, además de realizar un análisis de las principales características geográficas de las entidades expuestas.

El análisis que se hace a continuación, se realizó considerando el hecho de que los daños causados por los huracanes, dependen directamente de la magnitud de estos fenómenos hidrometeorológicos y de las características geográficas de las zonas expuestas.

Por lo que a continuación se hará una descripción de las principales características geográficas y socioeconómicas de las entidades del Sureste, para posteriormente presentar una regionalización de las zonas más vulnerables a los efectos del huracán.

De esta forma se presentará un análisis de las siguientes características :

- Condición Geográfica de las Entidades del Sureste.
- Características Climáticas de la Zona Sureste.
- La Hidrografía de las Entidades del Sureste.
- El crecimiento socioeconómico de las entidades del Sureste de México y las zonas más vulnerables a los efectos del huracán.

6.2 Condición Geográfica de las Entidades del Sureste.

Las entidades del Sureste de México, se han visto en múltiples ocasiones seriamente dañadas por el paso de los huracanes que se generan en el Atlántico Norte, la intensidad que estos alcanzan al presentarse en territorio continental, es en muchas ocasiones extrema, llegando a presentar muchos de estos, velocidades de viento máximos superiores a los 250 km/hr y velocidades de avance de hasta 30 km/hr, lo que les ha permitido en muchas ocasiones penetrar y cruzar el territorio continental mexicano (huracán Fifi, Beulah, Carmen) para continuar su trayectoria por aguas oceánicas.

El hecho de que un huracán cruce el territorio continental, se debe en gran parte no sólo a la intensidad del huracán, si no, también a la orografía del lugar, este factor que actúa como medio disipador de la energía de los huracanes, en ocasiones no alcanza a disipar totalmente la energía de estos, por lo que estos meteoros llegan a cruzar el territorio continental, hasta llegar nuevamente a aguas cálidas que les dan nuevamente el suministro energético.

Además la orografía es el principal factor, que influye para que se generen en mayor o menor magnitud las lluvias, ya que estas dependen directamente de los cambios del relieve.

La República Mexicana se caracteriza por su carácter altamente montañoso. Los principales efectos que causan las barreras o macizos montañosos son: represamiento o embalse de las corrientes aéreas, desviación o encañonamiento de los vientos, levantamiento forzado del aire, calentamiento adiabático por descenso.

- El efecto de embalse o represamiento se presenta cuando las barreras montañosas impiden el paso de corrientes estables poco profundas (corrientes

de aire polar continental modificadas por corrientes cálidas); esto se debe principalmente a que en la mayoría de los casos estas masas de aire no alcanzan una elevación mayor a los 1800 mts., necesarios para superar los macisos montañosos de la sierra madre oriental y occidental.

- Otro efecto que produce la orografía para que se presenten intensas lluvias es el calentamiento forzado del aire húmedo, esto ocurre en lugares donde la vertiente montañosa se presenta en forma de rampa, cuya altura se va elevando gradualmente a modo de una cuesta, al ser remontada esta cuesta por los vientos húmedos, la humedad se condensa y se precipita sobre la misma cuesta.

- El calentamiento adiabático por descenso, se presenta siempre que ocurre un descenso del aire; al ascender dentro de la atmósfera se ocasiona el enfriamiento del mismo por la expansión adiabática., de esta manera el aire con un alto contenido de humedad alcanza su punto de saturación, provocando la formación consiguiente de las nubes y la eventual caída de lluvia, a partir de las masas nubosas.

Relacionando los efectos de la orografía con las lluvias que se generan en las entidades del Sureste de México, encontramos que los estados de Chiapas y Tabasco son las entidades del sureste que presentan más cambios en su orografía y es precisamente en estas entidades donde se registra el más alto índice de precipitación pluvial, correspondientes a la temporada normal de lluvias o por aportaciones de origen ciclónico, ya que normalmente es en estas entidades donde se disipan los meteoros que llegan a cruzar la Península de Yucatán, Belice o Guatemala, por lo que no es de extrañarse que en esta zona se ubiquen los ríos más caudalosos de México (en esta zona se localizan los ríos Grijalva y Usumacinta, que forman la cuenca hidrológica más importante de México).

En estas entidades es conveniente realizar normas, limitar y reglamentar el uso del suelo en las márgenes de los ríos, como un medio de protección de la población, debido a que estos ríos en muchas ocasiones han excedido su margen normal, al recibir las aportaciones de origen ciclónico. Este caso se presentó cuando el huracán Fifi, logró cruzar el territorio continental, por Belíce (ver fig 43) con una velocidad de sus vientos de 150 km/h, que le permitió penetrar el territorio nacional por los estados de Chiapas y Oaxaca, provocando numerosas inundaciones y cuantiosos daños en la infraestructura, la agricultura y ganadería de todo el país.

Los estados que integran la Península de Yucatán, están ubicados en una zona que es prácticamente una gran planicie, que no presenta grandes ondulaciones ni macizos destacados, ya que su elevación máxima no supera los 300 m. sobre el nivel del mar, por lo que en esta zona la precipitación registrada por el paso de una depresión o tormenta tropical, puede ser mayor a la generada por el paso de un huracán. Esto se debe principalmente a que estos meteoros al no encontrar una gran oposición del relieve de esta zona, cruzan sin gran dificultad, incluso con las mismas características que tenía antes de entrar a tierra.

Además el suelo calizo de estas entidades no permite la formación de ríos, ya que normalmente, el agua de lluvia se infiltra inmediatamente formando corrientes subterráneas en toda la Península. Por lo que en estas entidades, no representan gran riesgo las inundaciones provocadas por las lluvias de origen ciclónico.

Pero en contraposición a los Estados de Chiapas y Tabasco, donde no se manifiestan o se manifiestan en menor magnitud los efectos (oleaje, marea de tormenta, viento) del huracán, en la Península de Yucatán estos efectos se presentan en mayor magnitud.

En los estados de Yucatán y Campeche se pueden esperar los valores máximos de marea de tormenta provocada por el paso de los meteoros. Esto se debe principalmente a que estos estados tienen una extensa zona de plataforma continental, que es una de las principales características necesarias para que se genere la marea de tormenta.

En Campeche, la plataforma continental abarca un área de 48,988 km², que incluso rebasa el límite de las aguas nacionales. En Yucatán la plataforma continental que circunda este estado, tiene una extensión de 37,321 km², en la cual a los 10 ó 12 km. de la costa la profundidad es de 4 metros.

De los estados de la Península de Yucatán, Quintana Roo es el estado que posee menos plataforma continental (8,969 km²), que en determinados puntos llega a tener profundidades de 100 m. a los 15 a 20 km. de la costa, por lo que en esta entidad se pueden esperar las máximas alturas de ola significante generadas por el paso de los huracanes en el Sureste de México.

En lo que respecta a los vientos de origen ciclónico, estos afectan en mayor medida a las entidades de la Península de Yucatán que a los estados de Chiapas y Tabasco (ver figs. de velocidades máximas del viento), ya que las entidades de la Península provocan muy poca oposición a estos, por ser esta prácticamente una planicie.

6.3 Características Climáticas de la Zona del Sureste.

Los principales factores que determinan el clima de una localidad son: la latitud, la orografía, la distribución de las tierras y los mares y las corrientes marítimas.

- La latitud, influye principalmente en la incidencia de los rayos solares, la inclinación es mayor en las altitudes altas que en las bajas. La incidencia

del sol influye directamente en el clima del mundo. En el Ecuador este se ubica en el Cenit y es la causa del clima cálido de esta zona. Además la latitud es uno de los factores más importantes en la formación de los huracanes (debido a que la fuerza de Coriolis depende directamente de este factor) por ser esta fuerza la que genera el movimiento ciclónico de los huracanes.

- La orografía influye en mayor medida donde se presentan barreras o macizos montañosos, en estos sitios se presentan los efectos de: represamiento o embalse de las corrientes aéreas, desviación o encañonamiento de los vientos, levantamiento forzado del aire, calentamiento adiabático por descenso (todos estos ya antes explicados).

- La distribución de tierras y de mares, influye principalmente en el clima de las playas y zonas próximas a la costa, que por la influencia de los mares presentan el mismo clima de estos. Se dice entonces que las áreas alejadas de las costas presentan el efecto de continentalidad (como es el caso de las entidades del norte del país), y que los lugares cercanos al litoral son ejemplo del efecto de maritimidad o efecto termostático de los mares.

En el Sur de México las oscilaciones anuales de temperatura son esencialmente de tipo marítimo, aunque las porciones elevadas muestran una tendencia a aumentar la oscilación térmica diurna con la elevación. Esto tiene su origen en la disminución de la humedad atmosférica (vapor de agua) con la altitud, pues es bien sabido que el efecto termostático de los océanos se debe a la abundancia del vapor de agua sobre su superficie.

- las corrientes marítimas también influyen en las zonas que se encuentran próximas a estas, presentándose condiciones semejantes de temperatura y humedad.

La clasificación del clima que se presenta a continuación del Sureste de México, se tomó en base a la clasificación de los climas que realizó Köppen (Zoltan de Cserna, 1974).

En Chiapas los climas dominantes son: calidohúmedos con lluvias en verano y todo el año, subhúmedo y templado húmedo.

En Tabasco, el clima calidohúmedo con lluvias en verano es el característico de esta zona, además del clima caliente subhúmedo.

En el estado de Campeche, predominan dos climas, el cálido subhúmedo y el cálido húmedo.

En Yucatán se presentan dos tipos de clima, clima seco estepario caliente y el clima de sabana. En noviembre y febrero se presentan los vientos del norte con bajas temperaturas y con y sin lluvias.

En Quintana Roo, los tipos de climas que predominan en la región son: cálido subhúmedo y el cálido húmedo. Los nortes se presentan en el otoño e invierno y corren de norte a noreste y se localizan en la parte norte del Estado.

CLIMAS DEL SURESTE DE MEXICO.	CHIAPAS	Cálido húmedos.
		Sub húmedo.
		Templado húmedo.
	TABASCO	Cálido húmedo.
		Cálido Subhúmedo.
	CAMPECHE	Cálido Subhúmedo.
		Cálido húmedo.
	YUCATAN	Estepario.
		Sabana.
	Q.R.	Cálido Subhúmedo.
		Cálido húmedo.

Todas las entidades del Sureste de México, se encuentran entre la latitud 14 y 22 Norte, en esta zona predomina el clima cálido húmedo, típico de las zonas donde se generan y afectan los huracanes. Por lo que el clima es un factor importante en la generación y desarrollo de los huracanes, debido a que estos para su desarrollo necesitan del calor y de la humedad del aire, por esta razón estos meteoros no se presentan en latitudes más altas donde domina el clima frío.

Los límites de los climas cálidohúmedos, los secos o los fríos, depende de la altitud, de la latitud y de la exposición a los vientos húmedos.

6.4 La Hidrografía de las Entidades del Sureste.

En México el período de lluvias se produce generalmente en los meses de verano. En el extremo noroccidental del país la distribución de la lluvia se invierte, para concentrarse en el invierno; y en la región noreste se presentan en el verano y en el invierno.

El relieve accidentado del país impide la existencia de ríos caudalosos y de régimen perene, como los de otras regiones continentales. Solamente en las vertientes de ambos litorales, existen corrientes de cierta importancia por su potencialidad de escurrimiento y en la porción sur de la vertiente del Golfo de México, donde están alojadas las cuatro cuencas de captación de los cuatro grandes ríos de México: Papaloapan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta.

En este trabajo se contempló la hidrografía de la zona sureste debido a que esta representa una amenaza potencial al recibir aportaciones de origen ciclónico, que ponen en eminente riesgo a las poblaciones que se encuentran próximas a los ríos, ante un posible desbordamiento de estos.

En los estados de Tabasco y Chiapas la precipitación nacional alcanza los más altos índices, alcanzando estas entidades el 30.36 % del escurrimiento total nacional, los parteaguas de estas entidades son, las sierras Madre del Sur, la Madre de Chiapas y el Océano Pacífico. El régimen de escurrimiento de esta zona es uniforme, las corrientes que drenan la zona del Soconusco, situada en la porción sur de la región, son las de mayor potencialidad del país porque sus cuencas de captación están alojadas en la empinada ladera de la Sierra Madre de Chiapas y es precisamente en esta cuenca donde la precipitación nacional alcanza el más alto índice.

El sistema Grijalva-Usumacinta, tiene una cuenca aproximada de 91,767 km² y un escurrimiento medio anual de 108,379 millones de m³, está constituido por los dos ríos más caudalosos del país, inician su recorrido en el estado Chiapas y la República de Guatemala respectivamente y siguen cursos separados hasta llegar a la planicie costera del estado de Tabasco. El Río Grijalva en su paso por el estado de Chiapas recibe las principales aportaciones. sin embargo el Río Usumacinta recibe sus principales aportaciones en territorio Guatemalteco en un tramo de 300 km. de recorrido de este en el límite entre México y Guatemala. Este sistema tiene una gran potencialidad de escurrimiento y se caracterizó por recibir éstas aportaciones de origen ciclónico.

El paso del huracán Fifi en 1974 por el territorio nacional provocó el desbordamiento de estos ríos en múltiples zonas, esto significó que tan sólo en los estados de Tabasco y Chiapas, se derribaron 20 puentes, que servían como vía de comunicación en las márgenes de estos ríos. Incluso el desbordamiento del Río Usumacinta provocó el derrumbe del puente internacional de México con Guatemala.

Las corrientes de agua de la Región Sureste (Península de Yucatán) son en su mayoría subterráneas, debido a la constitución caliza de sus suelos. En esta zona abundan los cenotes (pozos kársticos) que son agujeros circulares

formados por el hundimiento de los techos de las cavernas, dejando al descubierto las aguas subterráneas, y las aguadas que son depresiones que no alcanzan el nivel freático y en su fondo se acumulan las aguas de lluvia. Debido a la composición kárstica y caliza del suelo, este provoca que la lluvia se filtre inmediatamente, evitando las inundaciones.

En estas entidades se pueden llegar a presentar inundaciones en zonas urbanizadas, pero estas se deberán principalmente a que en estas poblaciones se modifica la constitución natural del suelo, incluyendo a este otros materiales, que no permiten la libre filtración de la lluvia. Por lo que se puede concluir que la Península de Yucatán, no corre gran riesgo por inundación debida a las lluvias, pero no se debe descartar el riesgo al que esta sujeta por la sobre elevación del nivel del mar, provocada al presentarse la marea de tormenta (ver fig. 31) que en casos intensos como el presentado por el huracán Beulah, puede llegar a ser de hasta 1.5 m., que con el crecimiento actual de la población costera, podría resultar de catastróficas consecuencias.

Debido a las características hidrológicas de las entidades del Sureste de México, es conveniente que se emprendan acciones para limitar y reglamentar el uso del suelo (principalmente en las márgenes de los ríos y franjas costeras), así como la realización de obras de protección en las zonas de más alto riesgo. Las acciones que se emprendan, podrán ayudar a disminuir los daños que provocan estos fenómenos hidrometeorológicos.

6.5 El crecimiento socioeconómico de las entidades del Sureste de México y las zonas más vulnerables a los efectos del huracán.

El crecimiento que experimentan las entidades costeras es muy alto, el atractivo que presentan las costas para vivir y para la recreación es una de

las principales causas de este elevado crecimiento, pero la principal razón es la instalación de grandes parques industriales en estas zonas, que provocan la aparición de pequeñas ciudades. La instalación de estos complejos industriales se debe principalmente a que estos necesitan para sus procesos de grandes volúmenes de agua, que en las costas se encuentra en cantidad abundante.

El hecho es que las costas actualmente tienen un gran atractivo para vivir, ya que estas cuentan con bastos recursos, que atraen a los industriales y a la población en general. En base a estadísticas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1965-1985) del comercio e industria de 1960-1980, se realizó una normalización de la información, a partir del año de 1960 a 1980. Los resultados se presentan en las tablas 15 y 16, en estas se aprecia un crecimiento sostenido en el comercio de las entidades del sureste, pero en el aspecto industrial se muestran altibajos.

Sin embargo, sí se ha notado un crecimiento de las entidades del Sureste en lo que se refiere a industrias extractivas (principalmente del petróleo) y en las actividades turísticas.

En la zona del Golfo y Caribe Mexicano se hayan 24 puertos pesqueros o fluviales, pero sobre todos estos sobresalen siete, por su mayor longitud de atraque y tipo de embarcaciones (flota mayor). De los siete, cinco se encuentran en la zona sureste de México y son: El puerto de Frontera Tabasco; Ciudad del Carmen, y Lerma, en Campeche; Celestún y Yucalpeten en Yucatán. Los otros dos restantes son el puerto de Tampico, en Tamaulipas y el de Alvarado en Veracruz.

En el aspecto turístico, las entidades del Sureste de México, tienen como su principal polo turístico a Cancún, que en una década se convirtió en uno de los más importantes del país. Pero las costas de Tabasco, Campeche y Yucatán carecen de infraestructura hotelera y gran parte de su litoral permanece virgen e inexplorado.

Las industrias extractivas que se localizan en el Sureste de México son de origen petrolero, principalmente en los estados de Tabasco y Campeche.

En Tabasco hay la mayor proporción de oleoductos y gaseoductos provenientes de la Sonda de Campeche; tienen su base de colección en Dos Bocas. Existen 46 estaciones de separación física, que distribuyen el producto a las diferentes plantas de procesamiento. Los distritos de explotación más importantes son El Plan Agua Dulce, Ciudad Pemex y Villahermosa; las plantas más grandes son La Venta y Ciudad Pemex.

Campeche reúne el mayor número de plataformas petroleras en el Golfo de México (48) y algunas cabezas de válvulas en Cayo Arcas.

En Yucatán hay un gaseoducto y una planta de recepción, almacenamiento y distribución.

Quintana Roo sólo cuenta con una instalación de tipo portuaria en Cozumel.

TABLA NORMALIZADA CON RESPECTO AL NUMERO DE COMERCIOS
CENSADOS EN 1960.

TABLA NORMALIZADA DEL CRECIMIENTO DE LOS COMERCIOS EN MEXICO.					
ENTIDAD	1960 (N)	1965	1970	1975	1980
REP. MEXICANA	1	1.341	1.634	1.808	2.164
AGUASCALIENTES	1	1.175	1.313	1.666	2.128
BAJA CALIF. NTE.	1	1.274	1.707	1.936	2.151
BAJA CALIF. SUR	1	1.433	2.079	2.379	3.114
CAMPECHE (*)	1	1.453	1.464	1.779	1.924
COAHUILA	1	1.266	1.370	1.295	1.667
COLIMA	1	1.443	2.020	2.244	2.670
CHIAPAS (*)	1	1.413	1.507	1.522	2.553
CHIHUAHUA	1	1.400	1.907	2.025	2.326
DISTRITO FEDERAL	1	1.273	1.427	1.496	1.516
DURANGO	1	1.513	1.799	1.869	2.080
GUANAJUATO	1	1.490	1.851	2.119	2.730
GUERRERO	1	1.431	2.040	2.856	4.245
HIDALGO	1	1.192	1.440	1.670	2.142
JALISCO	1	1.345	1.791	2.024	2.414
MEXICO	1	2.115	3.496	4.663	5.884
MICHOACAN	1	1.589	2.015	2.189	2.606
MORELOS	1	1.340	1.753	1.514	2.525
NAYARIT	1	1.219	1.655	1.884	2.405
NUEVO LEON	1	1.167	1.476	1.596	1.936
OAXACA	1	1.592	2.032	2.452	3.327
PUEBLA	1	1.279	1.526	1.608	2.323
QUERETARO	1	1.613	2.082	2.595	2.887
QUINTANA ROO (*)	1	2.099	3.888	6.151	10.095
SAN LUIS POTOSI	1	1.200	1.346	1.497	1.727
SINALOA	1	1.321	1.582	1.483	1.873
SONORA	1	1.308	1.443	1.502	1.944
TABASCO (*)	1	1.312	1.655	1.792	2.471
TAMAULIPAS	1	1.259	1.455	1.565	1.663
TLAXCALA	1	1.281	1.618	2.025	2.425
VERACRUZ	1	1.133	1.366	1.552	1.902
YUCATAN (*)	1	1.853	1.979	2.130	2.583
ZACATECAS	1	1.218	1.439	1.642	2.022

(*) Entidades del Sureste de México.

(N) Se tomaron como referencia los comercios de 1960, para realizar la normalización de los datos.

Tabla 15. Estadísticas del desarrollo comercial de México.

TABLA NORMALIZADA CON RESPECTO AL NUMERO DE INDUSTRIAS
CENSADOS EN 1960

TABLA NORMALIZADA DE LA INDUSTRIA DE MEXICO.					
ENTIDAD	1960 (N)	1965	1970	1975	1980
REP. MEXICANA	1	1.344	1.185	1.177	1.300
AGUASCALIENTES	1	1.091	0.847	0.795	1.229
BAJA CALIF. NTE.	1	1.373	1.215	1.180	1.612
BAJA CALIF. SUR	1	1.521	1.288	0.972	1.358
CAMPECHE (*)	1	1.063	1.133	1.204	0.876
COAHUILA	1	1.229	0.843	0.787	0.898
COLIMA	1	1.148	1.146	0.990	1.201
CHIAPAS (*)	1	1.181	0.915	0.729	0.992
CHIHUAHUA	1	1.616	1.249	1.409	1.748
DISTRITO FEDERAL	1	1.309	0.946	0.953	0.977
DURANGO	1	1.518	1.266	1.387	1.179
GUANAJUATO	1	1.335	1.193	1.162	1.389
GUERRERO	1	1.450	1.527	1.774	2.362
HIDALGO	1	1.259	0.995	0.914	1.079
JALISCO	1	1.539	1.630	1.669	1.757
MEXICO	1	1.780	2.246	2.598	2.903
MICHOACAN	1	1.656	1.721	1.681	1.717
MORELOS	1	1.387	1.377	1.195	1.684
NAYARIT	1	1.742	2.151	2.129	2.409
NUEVO LEON	1	1.153	1.070	1.089	1.409
OAXACA	1	1.404	1.547	1.636	1.573
PUEBLA	1	1.167	1.087	0.874	1.485
QUERETARO	1	1.410	1.930	1.779	1.654
QUINTANA ROO (*)	1	1.269	2.669	2.652	3.365
SAN LUIS POTOSI	1	1.320	1.384	1.589	0.843
SINALOA	1	1.387	1.136	0.994	1.355
SONORA	1	1.509	0.991	0.768	1.299
TABASCO (*)	1	1.463	1.111	1.024	1.586
TAMAULIPAS	1	1.312	0.970	0.870	0.854
TLAXCALA	1	1.171	1.190	1.303	0.923
VERACRUZ	1	1.172	1.062	1.016	1.111
YUCATAN (*)	1	1.669	1.417	1.186	1.292
ZACATECAS	1	1.058	1.040	1.101	1.170

(*) Entidades del Sureste de México.

(N) Se tomaron como referencia las industrias de 1960, para realizar la normalización de los datos.

Tabla 16. Estadística del desarrollo industrial de México.

En el Sureste de México, al igual que se ha experimentado un crecimiento industrial o turístico, se ha presentado un crecimiento de su población, ascentuándose esta en la mayoría de los casos en las poblaciones costeras.

Inevitablemente el crecimiento que han experimentado las entidades costeras, las pone cada vez más en una situación de alto riesgo, cada vez que se presentan los huracanes que se generan en el Atlántico norte, ya que el paso de estos fenómenos hidrometeorológicos han puesto al descubierto lo vulnerables que resultan estas entidades a los efectos que producen los huracanes.

A continuación se presenta un análisis del crecimiento de la población (INEGI 1960-1980) de la República Mexicana, la información se presenta mediante diagramas de barras (ver diagramas 1-12) que representan la población por zonas económicas de la República Mexicana y de las entidades del Sureste. Para la elaboración de los diagramas de las zonas económicas (ver diagramas 1-7) , se maneja información normalizada de su población, por lo que se dejó a esta, en proporción a la que tenían en 1960. Con estos diagramas se pretende mostrar el alto índice de crecimiento de población que han experimentado las entidades costeras y en especial la zona Sureste de la República Mexicana, comparando a estas en un entorno nacional.

También se realizó una comparación del crecimiento que han experimentado exclusivamente las entidades del Sureste. Este análisis del crecimiento de la población se hizo con el propósito de que además de conocer las características geográficas de las entidades del Sureste se tenga una mejor visión de lo que representan actualmente estas entidades para el desarrollo del país y mediante esto, poner de manifiesto el gran riesgo al que están sujetas sus poblaciones ante el paso de los huracanes.

Por lo que en la actualidad es de suma importancia contar con información detallada del paso de estos meteoros; mientras más y mejor información se tenga de estos, mayor será la probabilidad de evitar que estos causen daños a la población y a su patrimonio.

**POBLACION NORMALIZADA
REGION SURESTE**

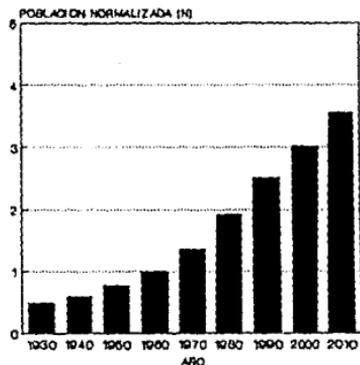


DIAGRAMA 1

■ Series 1

- Gráfico normalizada con la población existente en 1990.
POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

REGION SURESTE

AÑO	POBLACION (N)
1930	1,235,352 0.486
1940	1,492,937 0.588
1950	1,935,636 0.762
1960	2,539,647 1.000
1970	3,434,441 1.362
1980	4,857,949 1.913
1990	6,366,061 2.507
2000	7,665,115 3.018
2010	9,038,146 3.559

El crecimiento que ha experimentado la Zona Sureste de la República Mexicana en las últimas décadas, es muy elevado y tan sólo es superado, por el crecimiento de la zona metropolitana de la Cd. de México.

El crecimiento que experimentará la población del Sureste del año 1990 al 2010, se estima del orden del 73% .

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

**POBLACION NORMALIZADA
DEL D.F. Y EDO. DE MEX.**

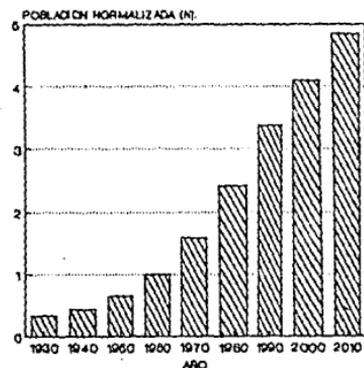


DIAGRAMA 2

▨ Series 2

- Gráfico normalizada con la población existente en 1990.
POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

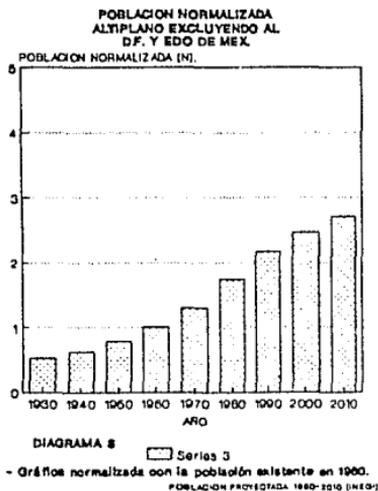
D.F. Y EDO. DE MEX.

AÑO	POBLACION (N)
1930	2,219,688 0.328
1940	2,903,564 0.429
1950	4,443,065 0.856
1960	6,788,727 1.000
1970	10,707,350 1.582
1980	16,395,414 2.422
1990	22,879,999 3.380
2000	27,667,297 4.088
2010	32,800,827 4.846

El crecimiento que se experimentará las entidades de la zona metropolitana, es el más alto de todo el país.

Se espera que la población de 1990 tenga un crecimiento de 147%, para el año 2010.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

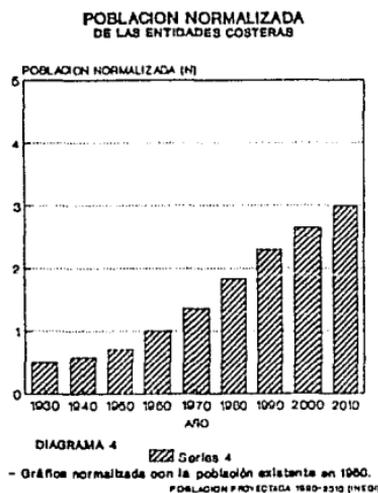


**ALTIPLANO EXCLUYENDO AL
D.F. Y EDO. DE MEX.**

AÑO	POBLACION (N)	
1930	6,309,432	0.531
1940	7,369,985	0.621
1950	9,295,330	0.783
1960	11,875,635	1.000
1970	15,428,199	1.299
1980	20,732,847	1.746
1990	25,719,602	2.166
2000	29,208,953	2.460
2010	32,211,199	2.712

Debido al crecimiento desproporcionado que han experimentado las entidades que conforman la zona metropolitana, en este caso no se consideró, para elaborar este diagrama. El crecimiento que se estima experimentaran el resto de las entidades del altiplano, es de 51% de la población del año 1930 al 2010.

POBLACION PROYECTADA 1980-2010 (INEGI)



ENTIDADES COSTERAS

AÑO	POBLACION (N)	
1930	8,023,602	0.493
1940	9,380,003	0.576
1950	11,532,622	0.708
1960	16,278,767	1.000
1970	22,089,689	1.357
1980	29,718,572	1.826
1990	37,184,623	2.284
2000	43,162,758	2.651
2010	48,775,046	2.996

Las entidades costeras experimentaran un crecimiento mayor al estimado en el diagrama 4, donde sólo se consideraron las entidades que se hayan fuera de la zona metropolitana. Las entidades costeras se estima que experimentaran un crecimiento del orden de 608%, del año 1930 al 2010.

POBLACION PROYECTADA 1980-2010 (INEGI)

POBLACION NORMALIZADA DE LAS ENTIDADES DEL ALTIPLANO

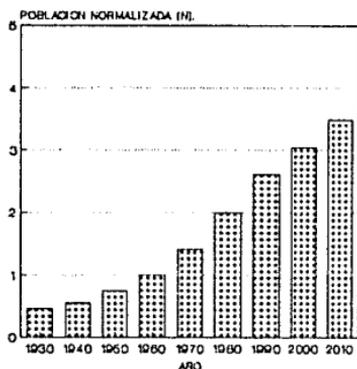


DIAGRAMA 5

Series 5

- Gráfico normalizado con la población existente en 1960.
POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

**ENTIDADES DEL ALTIPLANO
AÑO POBLACION (N)**

1930	8,529,210	0.457
1940	10,273,549	0.551
1950	13,738,395	0.737
1960	18,644,362	1.000
1970	26,135,549	1.402
1980	37,128,261	1.991
1990	48,599,601	2.607
2000	56,876,250	3.051
2010	65,012,026	3.467

Considerando a todas las entidades que conforman el altiplano mexicano, se obtuvo que estas experimentarían un crecimiento del orden de 782%, con respecto a su población de 1930 a la estimada en el año 2010.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

POBLACION NORMALIZADA DE LA REP. MEXICANA EXCLUYENDO AL SURESTE DE MEXICO.

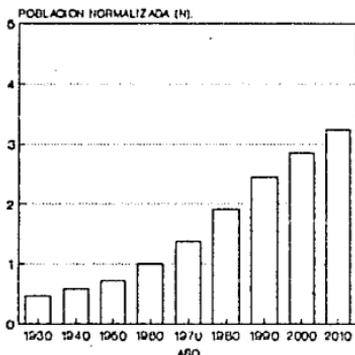


DIAGRAMA 6

Series 6

- Gráfico normalizado con la población existente en 1960.
POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

REP. MEXICANA EXCLUYENDO AL SURESTE DE MEXICO.

AÑO	POBLACION (N)	
1930	15,317,370	0.473
1940	18,160,615	0.592
1950	23,335,381	0.721
1960	32,383,482	1.000
1970	44,790,797	1.383
1980	61,988,884	1.914
1990	79,418,163	2.452
2000	92,373,893	2.853
2010	104,748,926	3.235

El diagrama 7, muestra el crecimiento que experimentarían las entidades de la República Mexicana sin considerar la zona Sureste. El crecimiento estimado es del orden de 684% para la población existente en el año 1930, estimada al año 2010.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

**POBLACION NORMALIZADA
DE LA REPUBLICA MEXICANA**

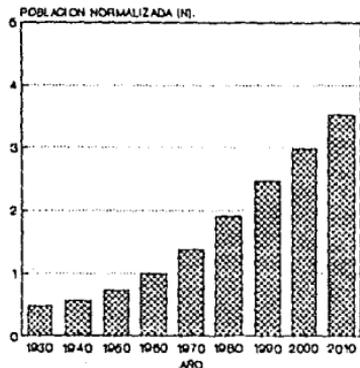


DIAGRAMA 7

Series 7

- Gráfico normalizado con la población existente en 1960.
POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

REPUBLICA MEXICANA

AÑO	POBLACION (N)
1930	16,652,722 0.474
1940	19,653,552 0.563
1950	25,271,017 0.724
1960	34,923,129 1.000
1970	48,225,238 1.381
1980	66,846,833 1.914
1990	85,784,224 2.468
2000	100,039,008 2.978
2010	113,787,072 3.527

En general se estima que la República Mexicana crecerá al 86% del año 1950 al 2010.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CRECIMIENTO DE POBLACION EN QUINTANA ROO

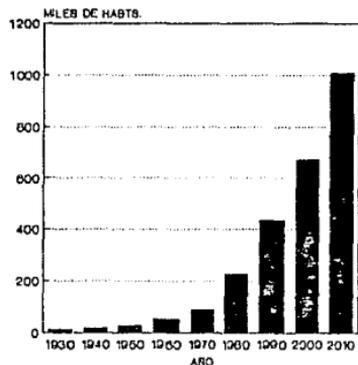


DIAGRAMA 8

■ Series 1

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

QUINTANA ROO

AÑO	POBLACION
1930	10,620
1940	18,752
1950	26,967
1960	50,169
1970	88,150
1980	225,985
1990	435,155
2000	670,675
2010	1,009,990

Quintana Roo experimentará un crecimiento porcentual de 9610, del año 1930 al 2010. Siendo la entidad del sureste que tiene el índice de población más elevado.

El crecimiento que experimentará este estado se deberá en gran parte al elevado desarrollo turístico que ha alcanzado.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CRECIMIENTO DE POBLACION EN CAMPECHE

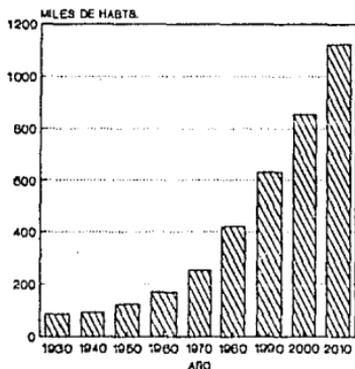


DIAGRAMA 9

▨ Series 2

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CAMPECHE

AÑO	POBLACION
1930	84,630
1940	90,460
1950	122,028
1960	168,219
1970	251,556
1980	420,553
1990	633,507
2000	855,740
2010	1,122,023

El estado de Campeche ha experimentado un crecimiento muy elevado debido principalmente al crecimiento de la industria extractiva del petróleo.

De la población de Campeche de 1930 a la del año 2010, se espera un crecimiento del orden de 1327%.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CRECIMIENTO DE POBLACION EN TABASCO

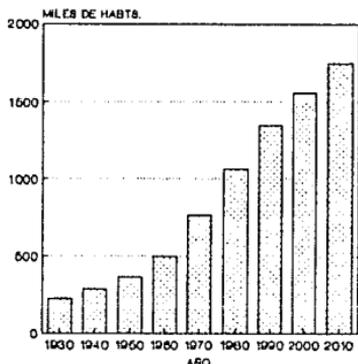


DIAGRAMA 10 Serie 3

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

TABASCO

AÑO	POBLACION
1930	224,023
1940	285,630
1950	362,716
1960	496,340
1970	767,327
1980	1,062,961
1990	1,345,450
2000	1,558,792
2010	1,748,302

El Estado de Tabasco experimentará un crecimiento del orden de 780%, del año 1930 al año 2010.

Como puede observarse en este diagrama y en el 11, son las entidades de Campeche y Tabasco las que tienen el más elevado crecimiento de población (después de Quintana Roo).

Debiéndose esto principalmente a su elevado crecimiento de sus industrias extractivas.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CRECIMIENTO DE POBLACION EN YUCATAN

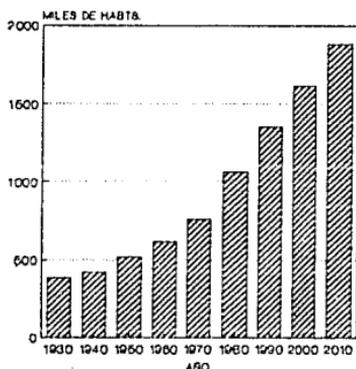


DIAGRAMA 11 Serie 4

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

YUCATAN

AÑO	POBLACION
1930	386,096
1940	418,210
1950	516,899
1960	614,049
1970	758,355
1980	1,063,733
1990	1,352,333
2000	1,615,670
2010	1,879,960

Esta localidad es una de las más pobladas del Sureste de México, pero es la entidad que tiene el más bajo índice de crecimiento porcentual, ya que este es estimado en 487%, de su población de 1930 a la estimada para el año 2010.

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

**CRECIMIENTO DE POBLACION
EN CHIAPAS**

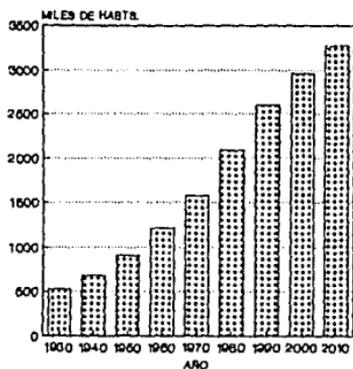


DIAGRAMA 22

Series 6

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

CHIAPAS

AÑO	POBLACION
1930	629,983
1940	679,885
1950	907,026
1960	1,210,870
1970	1,569,053
1980	2,084,717
1990	2,599,616
2000	2,964,238
2010	3,277,871

El Estado de Chiapas, es el más poblado del Sureste de México.

El crecimiento que experimentará el estado de Chiapas del año 1930 al 2010, será del orden de 835%

POBLACION PROYECTADA 1990-2010 (INEGI)

Por último presenta una zonificación (ver figs. 20-28) de las entidades más vulnerables a los efectos del huracán. Para esto se tomó como referencia los resultados que obtuvieron con los modelos de simulación histórica de huracanes y la información que presentaron diarios locales de las entidades o municipios afectados.

Además en estos mapas se presentan en forma conjunta con las zonas de mayor importancia económica del Sureste de México.

Cabe aclarar que las zonas indicadas en los mapas, como vulnerables a los efectos del huracán, son exclusivamente las vulnerables a todos los efectos del huracán (viento, oleaje, marea de tormenta y lluvia), pero con esto no se pretende descartar el hecho de que los otros municipios hallan sido afectados por las intensas lluvias o fuertes vientos como consecuencia del paso de estos meteoros.

Por lo que se concluye que los municipios que se presentan en los mapas, son aquellos que son afectados en forma periódica por los efectos del huracán, pero en sí, no se excluye la posibilidad de que otros municipios o todo el estado sean afectados por el paso de estos meteoros.

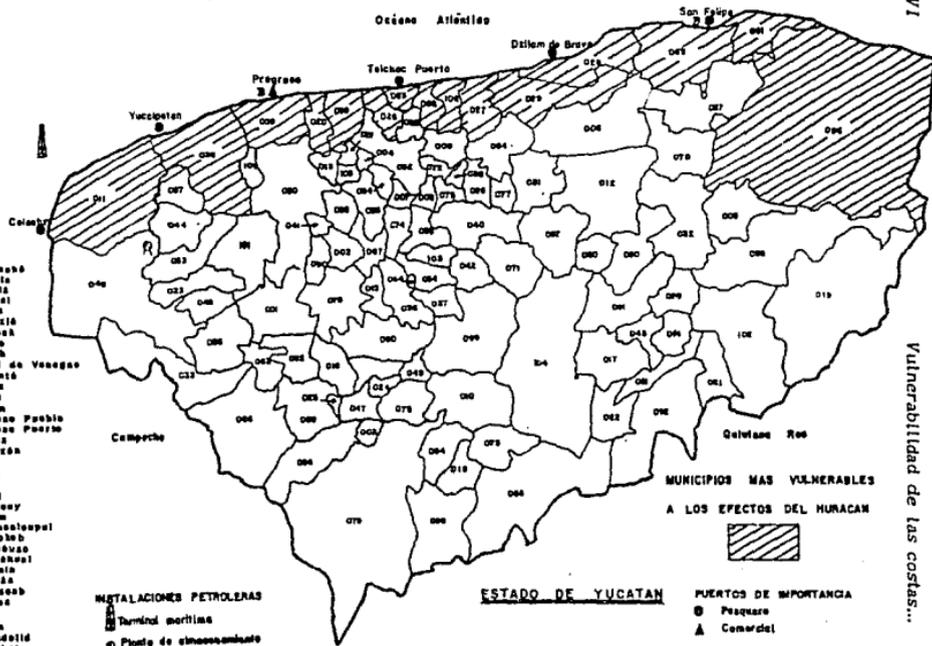
Los mapas que se muestran a continuación presentan información de algunas actividades económicas importantes en la economía de estas entidades, así como también se pone de manifiesto en estos, las zonas de más alto riesgo a los efectos que causan los huracanes.

La zonificación que se presenta en este trabajo, no pretende ser definitiva para ubicar a las zonas de más alto riesgo ante los efectos del huracán, ya que esta zonificación podrá ser mejorada en la medida de que se registre mayor información del paso de estos meteoros, incluso se puede llegar a obtener, mediante esta información y de resultados obtenidos mediante los modelos, mapas de toda la República Mexicana para cada uno de los efectos del huracán (marea de tormenta, oleaje, viento, lluvia), en función de periodos de retorno usuales para el diseño y construcción de las obras civiles.

División Municipal del Estado de Yucatán
Entidad Federativa 37

001 Abalá
002 Acanceh
003 Ahil
004 Ahoá
005 Ahucalul
006 Ahucanul
007 Ahuculchán
008 Ahuculmá
009 Ahuculobá
010 Ahuculobá
011 Ahuculobá
012 Ahuculobá
013 Ahuculobá
014 Ahuculobá
015 Ahuculobá
016 Ahuculobá
017 Ahuculobá
018 Ahuculobá
019 Ahuculobá
020 Ahuculobá
021 Ahuculobá
022 Ahuculobá
023 Ahuculobá
024 Ahuculobá
025 Ahuculobá
026 Ahuculobá
027 Ahuculobá
028 Ahuculobá
029 Ahuculobá
030 Ahuculobá
031 Ahuculobá
032 Ahuculobá
033 Ahuculobá
034 Ahuculobá
035 Ahuculobá
036 Ahuculobá
037 Ahuculobá
038 Ahuculobá
039 Ahuculobá
040 Ahuculobá
041 Ahuculobá
042 Ahuculobá
043 Ahuculobá
044 Ahuculobá
045 Ahuculobá
046 Ahuculobá
047 Ahuculobá
048 Ahuculobá
049 Ahuculobá
050 Ahuculobá
051 Ahuculobá
052 Ahuculobá
053 Ahuculobá
054 Ahuculobá
055 Ahuculobá
056 Ahuculobá
057 Ahuculobá
058 Ahuculobá
059 Ahuculobá
060 Ahuculobá
061 Ahuculobá
062 Ahuculobá
063 Ahuculobá
064 Ahuculobá
065 Ahuculobá
066 Ahuculobá
067 Ahuculobá
068 Ahuculobá
069 Ahuculobá
070 Ahuculobá
071 Ahuculobá
072 Ahuculobá
073 Ahuculobá
074 Ahuculobá
075 Ahuculobá
076 Ahuculobá
077 Ahuculobá
078 Ahuculobá
079 Ahuculobá
080 Ahuculobá
081 Ahuculobá
082 Ahuculobá
083 Ahuculobá
084 Ahuculobá
085 Ahuculobá
086 Ahuculobá
087 Ahuculobá
088 Ahuculobá
089 Ahuculobá
090 Ahuculobá
091 Ahuculobá
092 Ahuculobá
093 Ahuculobá
094 Ahuculobá
095 Ahuculobá
096 Ahuculobá
097 Ahuculobá
098 Ahuculobá
099 Ahuculobá
100 Ahuculobá
101 Ahuculobá
102 Ahuculobá
103 Ahuculobá
104 Ahuculobá
105 Ahuculobá
106 Ahuculobá
107 Ahuculobá
108 Ahuculobá
109 Ahuculobá
110 Ahuculobá

088 Ahuculobá
089 Ahuculobá
090 Ahuculobá
091 Ahuculobá
092 Ahuculobá
093 Ahuculobá
094 Ahuculobá
095 Ahuculobá
096 Ahuculobá
097 Ahuculobá
098 Ahuculobá
099 Ahuculobá
100 Ahuculobá
101 Ahuculobá
102 Ahuculobá
103 Ahuculobá
104 Ahuculobá
105 Ahuculobá
106 Ahuculobá
107 Ahuculobá
108 Ahuculobá
109 Ahuculobá
110 Ahuculobá



MUNICIPIOS MÁS VULNERABLES
A LOS EFECTOS DEL HURACAN



PUERTOS DE IMPORTANCIA

⊙ Pesquero
▲ Comercial

ACTIVIDADES TURÍSTICAS

⊞ Balneario

ESTADO DE YUCATÁN

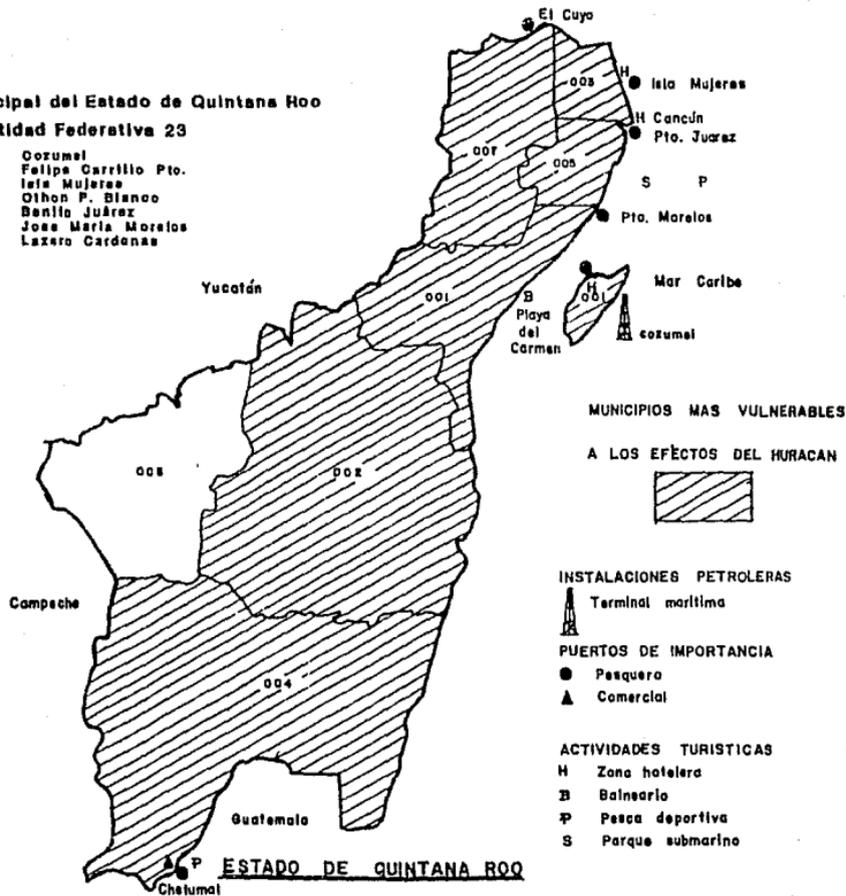
INSTALACIONES PETROLERAS

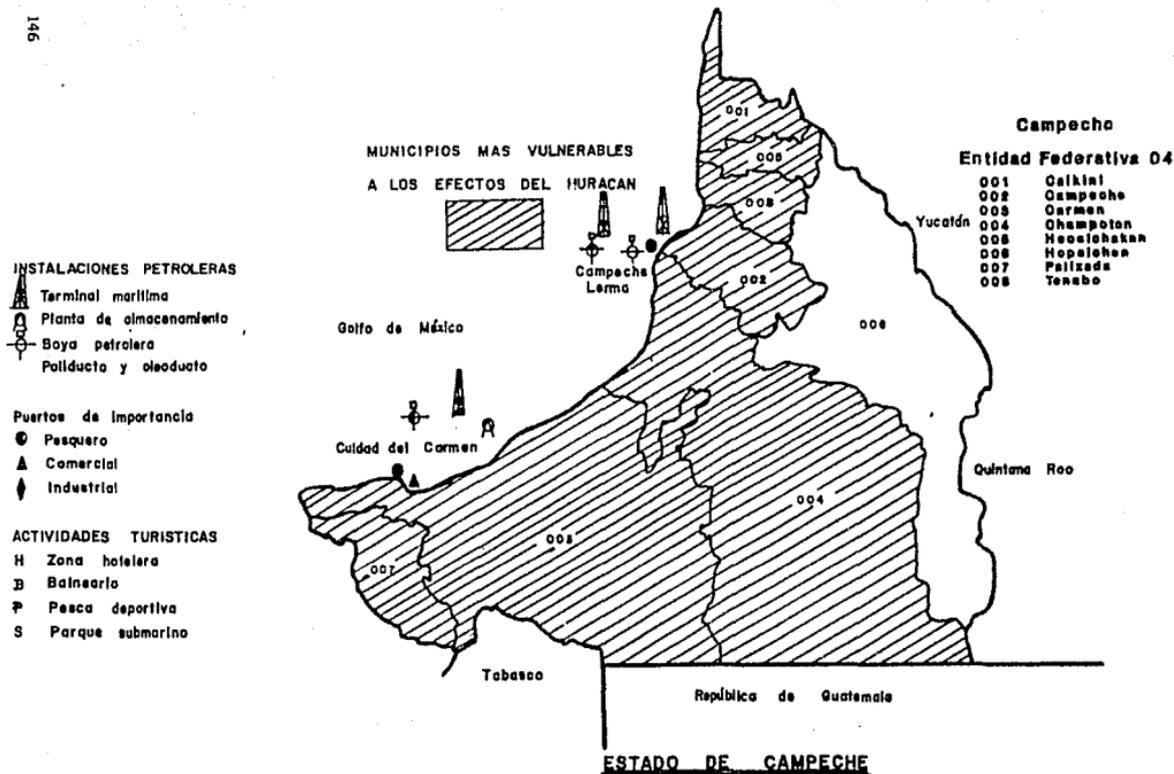
⊞ Terminal marítima

⊞ Puerto de almacenamiento

**División municipal del Estado de Quintana Roo
Entidad Federativa 23**

- 001 Cozumel
- 002 Felipe Carrillo Pto.
- 003 Isla Mujeres
- 004 Othon P. Blanco
- 005 Benito Juárez
- 006 José María Morelos
- 007 Lázaro Cárdenas





MUNICIPIOS MAS VULNERABLES

A LOS EFECTOS DEL HURACAN



INSTALACIONES PETROLERAS

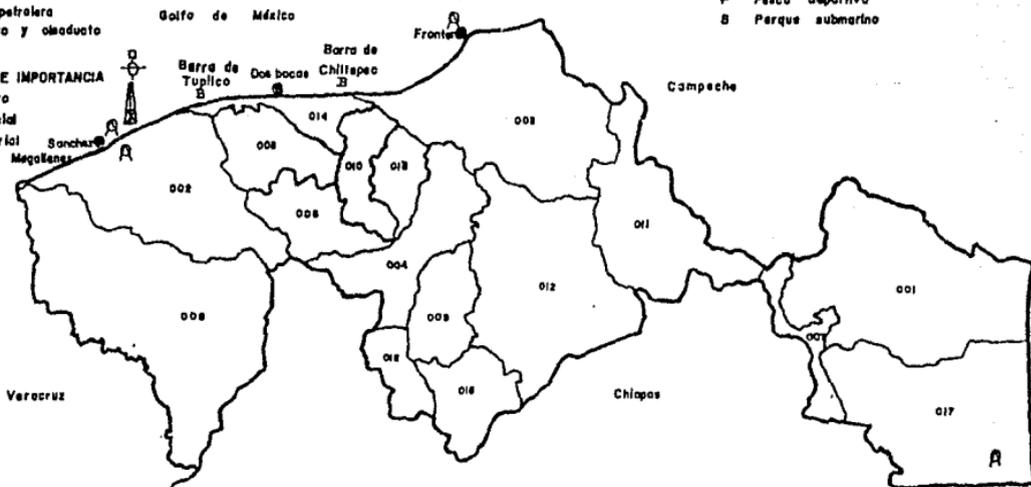
- Terminal marítima
- Planta de almacenamiento
- Boya petrolera
- Poíducto y oleoducto

PUERTOS DE IMPORTANCIA

- Pesquero
- ▲ Comercial
- ▲ Industrial
- Megatlant
- Sanchar

ACTIVIDADES TURISTICAS

- H Zona hoteleira
- B Balneario
- P Pesca deportiva
- S Parque submarino



ESTADO DE TABASCO

División municipal del Estado de Tabasco

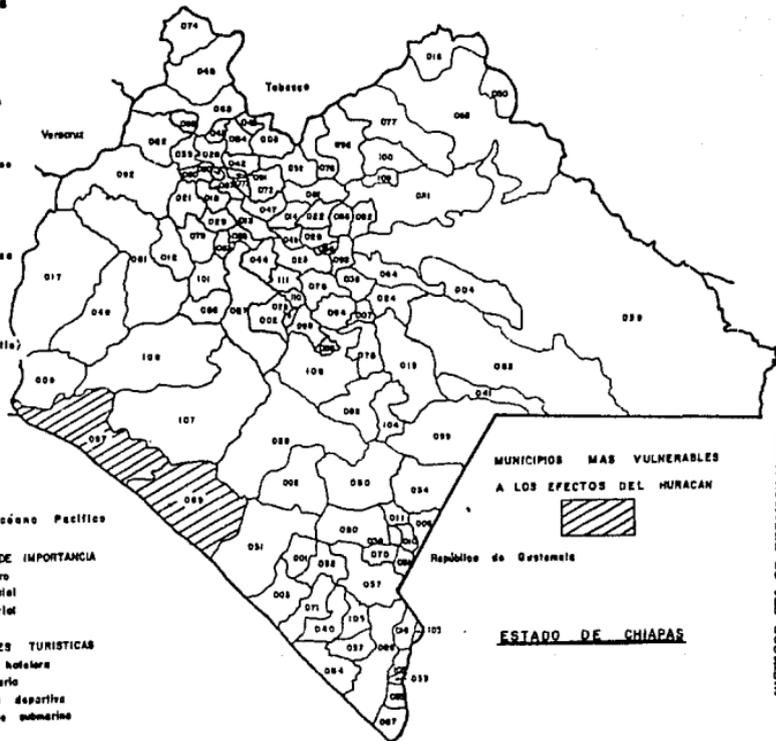
Entidad Federativa 27

- 001 Balancán
- 002 Oárdenas
- 003 Centla
- 004 Centro
- 005 Comicalco
- 006 Cunduacán
- 007 Emiliano Zapata
- 008 Huimanguillo
- 009 Jalapa
- 011 Jonuta
- 012 Macuspana
- 013 Nacajuca
- 014 Paríaco
- 015 Teatlalpa
- 016 Tuxtepec
- 017 Tenosiqué

Nota: La posición geográfica que guarda el estado de Tabasco con el resto de las entidades del Sureste de México, impide que los huracanes que se generan en el Atlántico Norte incidan directamente sobre su territorio.

División municipal del Estado de Chiapas
ENTIDAD FEDERATIVA 07

001 Acajaguc	087 Pantaleón
002 Acasaguc	088 Pinchotepec
003 Acabtepec	089 Pilajilapan
004 Ahmatzuc	090 Porvenir, El
005 Amaten	091 Pueblo Mvo. Comaltitlán
006 Amatenango de la Frontera	092 Pueblo Mvo. Solistahuacán
007 Amatenango del Valle	093 Reforma
008 Atitlán	094 Rosas, Las
009 Arriaga	095 Sabalilla
010 Belmón de Ocampo	096 Belle de Agua
011 Bella Vista	097 San Cristóbal de las Casas
012 Berrioberri	098 San Fernando
013 Bochil	099 Siltepec
014 Soques, El	100 Simojovel de Allende
015 Ocosingo	101 Simulacá
016 Cetzucil	102 Soyaltepec
017 Cintalapa	103 Soyaltepec
018 Coahuila	104 Soyaltepec
019 Coahuila de Zaragoza	105 Soyaltepec
020 Cochoapa, La	106 Soyaltepec
021 Copalimul	107 Soyaltepec
022 Chajonihuitán	108 Soyaltepec
023 Chumula	109 Soyaltepec
024 Chumul	110 Soyaltepec
025 Chupultenango	111 Soyaltepec
026 Chimalha	112 Soyaltepec
027 Chiapas de Corzo	113 Soyaltepec
028 Chixoy	114 Soyaltepec
029 Chicomán	115 Soyaltepec
030 Chicomucma	116 Soyaltepec
031 Chilitán	117 Soyaltepec
032 Chixoy	118 Soyaltepec
033 Francisco León	119 Soyaltepec
034 Frontera Comisapa	120 Soyaltepec
035 Frontera Hidalgo	121 Soyaltepec
036 Arceles, La	122 Soyaltepec
037 Huehuetlán	123 Soyaltepec
038 Huixtla	124 Soyaltepec
039 Huixtla	125 Soyaltepec
040 Huixtla	126 Soyaltepec
041 Independencia, La	127 Soyaltepec
042 Ixcán	128 Soyaltepec
043 Ixtacomulán	129 Soyaltepec
044 Ixtapa	130 Soyaltepec
045 Ixtapangajón	131 Soyaltepec
046 Jiquilán	132 Soyaltepec
047 Jitotul	133 Soyaltepec
048 Juárez	134 Soyaltepec
049 Larrainzar	135 Soyaltepec
050 Libertad, La	136 Soyaltepec
051 Mapastepec	137 Soyaltepec
052 Margaritas, Las	138 Soyaltepec
053 Masapa de Madero	139 Soyaltepec
054 Mazatán	140 Soyaltepec
055 Metapa	141 Soyaltepec
056 Mitontic	142 Soyaltepec
057 Motozintla	143 Soyaltepec
058 Nixtepec Ruiz	144 Soyaltepec
059 Ocozingo	145 Soyaltepec
060 Ocozingo	146 Soyaltepec
061 Ocosingo de Espinosa	147 Soyaltepec
062 Ocosingo	148 Soyaltepec
063 Ocosingo	149 Soyaltepec
064 Ocozingo	150 Soyaltepec
065 Ocozingo	151 Soyaltepec
066 Ocozingo	152 Soyaltepec
067 Ocozingo	153 Soyaltepec
068 Ocozingo	154 Soyaltepec
069 Ocozingo	155 Soyaltepec
070 Ocozingo	156 Soyaltepec
071 Ocozingo	157 Soyaltepec
072 Ocozingo	158 Soyaltepec
073 Ocozingo	159 Soyaltepec
074 Ocozingo	160 Soyaltepec
075 Ocozingo	161 Soyaltepec
076 Ocozingo	162 Soyaltepec
077 Ocozingo	163 Soyaltepec
078 Ocozingo	164 Soyaltepec
079 Ocozingo	165 Soyaltepec
080 Ocozingo	166 Soyaltepec
081 Ocozingo	167 Soyaltepec
082 Ocozingo	168 Soyaltepec
083 Ocozingo	169 Soyaltepec
084 Ocozingo	170 Soyaltepec
085 Ocozingo	171 Soyaltepec
086 Ocozingo	172 Soyaltepec
087 Ocozingo	173 Soyaltepec
088 Ocozingo	174 Soyaltepec
089 Ocozingo	175 Soyaltepec
090 Ocozingo	176 Soyaltepec
091 Ocozingo	177 Soyaltepec
092 Ocozingo	178 Soyaltepec
093 Ocozingo	179 Soyaltepec
094 Ocozingo	180 Soyaltepec
095 Ocozingo	181 Soyaltepec
096 Ocozingo	182 Soyaltepec
097 Ocozingo	183 Soyaltepec
098 Ocozingo	184 Soyaltepec
099 Ocozingo	185 Soyaltepec
100 Ocozingo	186 Soyaltepec
101 Ocozingo	187 Soyaltepec
102 Ocozingo	188 Soyaltepec
103 Ocozingo	189 Soyaltepec
104 Ocozingo	190 Soyaltepec
105 Ocozingo	191 Soyaltepec
106 Ocozingo	192 Soyaltepec
107 Ocozingo	193 Soyaltepec
108 Ocozingo	194 Soyaltepec
109 Ocozingo	195 Soyaltepec
110 Ocozingo	196 Soyaltepec
111 Ocozingo	197 Soyaltepec
112 Ocozingo	198 Soyaltepec
113 Ocozingo	199 Soyaltepec
114 Ocozingo	200 Soyaltepec
115 Ocozingo	201 Soyaltepec
116 Ocozingo	202 Soyaltepec
117 Ocozingo	203 Soyaltepec
118 Ocozingo	204 Soyaltepec
119 Ocozingo	205 Soyaltepec
120 Ocozingo	206 Soyaltepec
121 Ocozingo	207 Soyaltepec
122 Ocozingo	208 Soyaltepec
123 Ocozingo	209 Soyaltepec
124 Ocozingo	210 Soyaltepec
125 Ocozingo	211 Soyaltepec
126 Ocozingo	212 Soyaltepec
127 Ocozingo	213 Soyaltepec
128 Ocozingo	214 Soyaltepec
129 Ocozingo	215 Soyaltepec
130 Ocozingo	216 Soyaltepec
131 Ocozingo	217 Soyaltepec
132 Ocozingo	218 Soyaltepec
133 Ocozingo	219 Soyaltepec
134 Ocozingo	220 Soyaltepec
135 Ocozingo	221 Soyaltepec
136 Ocozingo	222 Soyaltepec
137 Ocozingo	223 Soyaltepec
138 Ocozingo	224 Soyaltepec
139 Ocozingo	225 Soyaltepec
140 Ocozingo	226 Soyaltepec
141 Ocozingo	227 Soyaltepec
142 Ocozingo	228 Soyaltepec
143 Ocozingo	229 Soyaltepec
144 Ocozingo	230 Soyaltepec
145 Ocozingo	231 Soyaltepec
146 Ocozingo	232 Soyaltepec
147 Ocozingo	233 Soyaltepec
148 Ocozingo	234 Soyaltepec
149 Ocozingo	235 Soyaltepec
150 Ocozingo	236 Soyaltepec
151 Ocozingo	237 Soyaltepec
152 Ocozingo	238 Soyaltepec
153 Ocozingo	239 Soyaltepec
154 Ocozingo	240 Soyaltepec
155 Ocozingo	241 Soyaltepec
156 Ocozingo	242 Soyaltepec
157 Ocozingo	243 Soyaltepec
158 Ocozingo	244 Soyaltepec
159 Ocozingo	245 Soyaltepec
160 Ocozingo	246 Soyaltepec
161 Ocozingo	247 Soyaltepec
162 Ocozingo	248 Soyaltepec
163 Ocozingo	249 Soyaltepec
164 Ocozingo	250 Soyaltepec
165 Ocozingo	251 Soyaltepec
166 Ocozingo	252 Soyaltepec
167 Ocozingo	253 Soyaltepec
168 Ocozingo	254 Soyaltepec
169 Ocozingo	255 Soyaltepec
170 Ocozingo	256 Soyaltepec
171 Ocozingo	257 Soyaltepec
172 Ocozingo	258 Soyaltepec
173 Ocozingo	259 Soyaltepec
174 Ocozingo	260 Soyaltepec
175 Ocozingo	261 Soyaltepec
176 Ocozingo	262 Soyaltepec
177 Ocozingo	263 Soyaltepec
178 Ocozingo	264 Soyaltepec
179 Ocozingo	265 Soyaltepec
180 Ocozingo	266 Soyaltepec
181 Ocozingo	267 Soyaltepec
182 Ocozingo	268 Soyaltepec
183 Ocozingo	269 Soyaltepec
184 Ocozingo	270 Soyaltepec
185 Ocozingo	271 Soyaltepec
186 Ocozingo	272 Soyaltepec
187 Ocozingo	273 Soyaltepec
188 Ocozingo	274 Soyaltepec
189 Ocozingo	275 Soyaltepec
190 Ocozingo	276 Soyaltepec
191 Ocozingo	277 Soyaltepec
192 Ocozingo	278 Soyaltepec
193 Ocozingo	279 Soyaltepec
194 Ocozingo	280 Soyaltepec
195 Ocozingo	281 Soyaltepec
196 Ocozingo	282 Soyaltepec
197 Ocozingo	283 Soyaltepec
198 Ocozingo	284 Soyaltepec
199 Ocozingo	285 Soyaltepec
200 Ocozingo	286 Soyaltepec



CAPITULO VII

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES.

Para poder realizar el estudio de los efectos que provocan los huracanes intensos en las costas del Sureste de México, primero se intentó la realización de un análisis estadístico directo de estos principales efectos (marea de tormenta, olaje, viento y lluvia). Pero debido a la escasez (o en ocasiones completa ausencia) de mediciones de variables de interés, ya sea en cuanto a duración en años, así como de continuidad y/o confiabilidad de las mediciones existentes, provocó que en este trabajo un análisis estadístico directo tradicional no fuera factible, por lo que se tomó como una alternativa el empleo de modelos de simulación que ayudaran en la determinación de estos efectos, así como un análisis de información documental (informes internos de dependencias oficiales e información periodística).

Los resultados que se obtuvieron mediante los modelos de simulación dejan entrever la vulnerabilidad de las entidades del sureste, ya que la magnitud y frecuencia con la que se presentan los huracanes intensos en esta zona, son la principal razón de que en esta zona los efectos de los huracanes presenten cuantiosos daños.

Las poblaciones que han resultado más afectadas por los efectos que producen los huracanes son:

Progreso, Mérida, Campeche, Cancún, Is. Mujeres y Cozumel.

Tan sólo por el efecto de marea de tormenta la población de Progreso en Yucatán, ha sido la más afectada, por el paso de tres huracanes intensos por sus costas: Inez (1966), Beulah (1967) y Allen (1980), que han causado graves daños en su infraestructura y flota pesquera. El huracán Inez, provocó una sobre-elevación del nivel medio del mar de más de 80 cm y el huracán Beulah provocó una sobre-elevación de hasta 1.2 mts. por arriba del nivel medio del mar. Estos efectos de gran magnitud son aun más significativos, si se toma en cuenta que se presentaron en un lapso relativamente corto (mostrándose una frecuencia de este efecto de tres veces cada veinte años).

Actualmente se sabe que el paso del huracán Gilbert por la Península de Yucatán, en septiembre de 1988, provocó una sobreelevación del nivel medio del mar de hasta 1.6 mts. en Progreso, Yucatán. Estos resultados son aún más significativos si se toma en cuenta que el huracán Gilbert y el Beulah se presentaron en un lapso menor a los 25 años y en ambos casos causaron cuantiosos daños a las instalaciones costeras, así como a la población en general.

Los daños que ocasiona la marea de tormenta a la población se presentan en el momento mismo de la inundación, como fue el caso del paso del huracán Fifi (1974) por costas del norte de Honduras, donde provocó la muerte de más de 10,000 personas y dejó pérdidas económicas de más de \$ 1,700,000,000 (de dólares americanos) (ver cap. 2,3 y 5). Pero también se presentan daños posteriores a la inundación y corresponden a la salinidad del suelo que deja el agua del mar al infiltrarse o evaporarse, esta salinidad del suelo repercute gravemente en una disminución considerable en la producción agrícola, así como en el brote de enfermedades por el desarrollo de plagas.

En lo que respecta a el oleaje los resultados que se obtuvieron mediante el modelo de simulación de oleaje sólo son válidos cuando el meteoro se hallaba en aguas profundas, es decir cuando se encontraba fuera de la plataforma continental.

En el caso de las costas de Quintana Roo, los resultados que se obtuvieron mediante los modelos, pueden ser una buena aproximación, ya que si se toma en cuenta el hecho de que este estado posee una plataforma continental estimada en 8,969 km² y que en determinados puntos llega a tener profundidades de hasta 100 m. a unos 15 o 20 kms. de la costa, profundidad necesaria para que sobreviva un oleaje de gran magnitud.

Las poblaciones más afectadas por el oleaje en el Sureste de México son: Cancún, Is. Mujeres, Pto. Morelos, Cozumel y la Bahía de Chetumal.

Las zonas en aguas profundas frente a Cancún, Is. Mujeres y Cozumel, fueron afectados por un oleaje de 5 y 6 mts. provocado por el paso del huracán Carla (1961) y el Beulah (1967). La entrada a la Bahía de Chetumal también ha sido afectada por un oleaje de 4 - 4.5 mts. por el paso del huracán Anna (1961) y por el huracán Greta (1978).

Después del paso del huracán Gilbert, por costas del Sureste de México, este dejó evidencia física en Cancún, Q.R., de un efecto combinado entre marea de tormenta y oleaje de hasta 5 mts. (Rosenguas y Sánchez-Sesma, 1990). De lo anterior se puede concluir que el oleaje máximo generado por huracanes intensos frente a las costas del país, puede llegar a ser del orden de 5 a 6 mts.

De los resultados que se presentan del modelo de simulación de oleaje, se puede concluir que el oleaje máximo generado por huracanes intensos se presenta tres veces cada veinte años para el suroriente y oriente de la Península de Yucatán y de dos veces por cada veinte años para el norte y nororiente de la citada península.

Los daños que provoca el oleaje en las costas del Sureste de México, se deben principalmente a la socavación que provoca éste en las estructuras e instalaciones costeras (escolleras, diques, edificios, etc.), así como su efecto destructivo por impacto directo (destrucción de bordos de protección, malecones, etc.).

Es esencial que se tome en cuenta el oleaje provocado por los huracanes, para el diseño y construcción de las obras costeras.

En lo que respecta a los vientos provocados por los huracanes, se presentó una comparación entre los valores registrados por la red de observatorios del Servicio Meteorológico Nacional y los resultados que se obtuvieron mediante el modelo de simulación de viento. De esta comparación se puede observar que en

los casos en la que los huracanes presentan condiciones extremas hay una gran discrepancia entre los registros de los observatorios y los resultados del modelo, esta discrepancia muestra en terminos generales, que los registros de los observatorios son un 40% inferiores a los resultados del modelo. Esta diferencia probablemente se deba a que las mediciones de los observatorios se ven seriamente influenciadas por la orografía o por las construcciones aledañas a los mismos observatorios, impidiendo de esta forma que se registren las condiciones reales del viento, aunque también es posible que esta diferencia sea ocasionada por el caracter semiempírico de los modelos de simulación de viento.

Los vientos generados por los huracanes que afectaron las costas del Sureste de México, fueron de mayor intensidad en el norte y oriente de la Península de Yucatán, en esta zona se obtuvieron valores de viento de 170 y 160 km/h al paso de los huracanes Beulah (1967) y Carmen (1974) (ver cap. 4). Estos vientos de gran intensidad se pueden presentar hasta dos veces en un lapso de veinte años.

El hecho de que estas velocidades de viento se presenten en esta zona, se puede explicar debido a que los meteoros que afectan esta zona siguen una trayectoria típica, que los lleva a impactarse por el norte y oriente del territorio peninsular, además de que al entrar a territorio continental, estos meteoros dejan de recibir el suministro energético que les daban las aguas cálidas del Caribe por lo que al entrar en contacto con la zona terrestre se inicia su desintegración y si llegasen a cruzar el territorio peninsular lo harían con intensidad disminuida, provocando que en la region occidente y sur los efectos no sean máximos, excepto por la precipitación pluvial.

Los efectos que provocaron estos fenómenos hidrometeorológicos en las costas del sureste, fueron tan cuantiosos que en ocasiones fué necesaria la evacuación de más de 30,000 personas de las zonas de más alto riesgo (ver cap. 5), además de registrar pérdidas económicas cuantiosas.

En la zona costera, los daños por vientos huracanados, son los que probablemente la población más conoce, esto se debe fundamentalmente a que los daños por viento son los que más resiente directamente la población, ya que normalmente este efecto ocasiona el derrumbe de casas u techos de construcción ligera, además de derribar árboles y postes de energía eléctrica, así como anuncios publicitarios y todas aquellas estructuras ligeras que oponen gran resistencia a este efecto.

En esta investigación también se pone de manifiesto lo vulnerables que resultan las costas del Sureste de México, ante los efectos que causan los huracanes se generan en la zona ciclógena del Atlántico Norte. Esto se debe principalmente a que :

- a).- Los organismos e Instituciones que se encargan actualmente de la planeación, construcción y protección de los centros urbanos, no han considerado los efectos (marea de tormenta, oleaje, viento y lluvia) máximos que causan los huracanes en las costas del país, para la elaboración de las normas de construcción y de los planes para la protección de la población.
- b).- El desconocimiento que tiene la población (incluso a nivel técnico) de los principales efectos y daños que causan estos meteoros, así como de las medidas que debe adoptar ante la presencia de éstos.
- c).- No se cuenta actualmente con un reglamento de construcción adecuado para el diseño de las obras costeras.

Las secretarías y dependencias oficiales encargadas de la prevención y protección de la población, no cuentan con los medios necesarios para registrar los principales efectos que generan los huracanes. En los casos en que sí se dispone de esta instrumentación, la información que de estos se obtiene no alcanza a cubrir una densidad espacial suficiente, para que estas lecturas representen las condiciones que prevalecen en estos sistemas.

El Servicio Meteorológico Nacional, mediante el departamento de climatología proporciona información de las condiciones del tiempo presentadas en algunas

poblaciones del país. La información con la que cuenta este departamento de los principales efectos que causan los huracanes, es exclusivamente la de precipitación pluvial y de la velocidad y dirección del viento, además de proporcionar información de la presión barométrica de las poblaciones en cuestión. Pero como ya se ha dicho, estos registros no tienen la calidad necesaria, por lo que no se puede considerar a estos como un buen instrumento para comparar o calibrar los modelos de simulación histórica (planteados y explicados en esta tesis). Por ejemplo, los registros de velocidad y dirección del viento obtenidos por los observatorios, están dados en intervalos que varían de 6 a 8 horas (entre cada lectura) y no representan las condiciones reales del viento generado por el paso de estos meteoros. A esto se suma el hecho de que la gran mayoría de los observatorios meteorológicos, están instalados en zonas pobladas, donde son afectadas las lecturas de estos, por la interacción de estos efectos con las edificaciones próximas a los observatorios.

Para que estos registros representen condiciones más reales y se puedan emplear como un medio de calibración de modelos e incluso puedan ser empleados en la realización de un análisis estadístico de los cuatro principales efectos y de las principales características de estos meteoros, es necesario contar con una red mayor de observatorios (de preferencia automatizada), bien equipados, capaces de soportar condiciones extremas, además de ser instalados estos observatorios en zonas despejadas de obstáculos y próximas a la costa. En el caso de los registros de viento es recomendable que el Servicio Meteorológico Nacional, por conducto del departamento de Climatología, proporcione los registros que obtenga directamente por los anemógrafos, ya que sólo así se podrán observar las condiciones reales del viento.

Además estas secretarías y dependencias no cuentan por lo menos con un organismo o con un medio de comunicación social que auxille y oriente a la población, acerca de las medidas que esta debe adoptar para salvaguardarse de los efectos que provocan los huracanes. A sí mismo, hasta el momento, no hay

un medio de comunicación gubernamental u oficial que se encargue de difundir información oportuna de los efectos que provocan los huracanes y de las medidas que se deben adoptar para contrarrestar estos efectos.

Esto se debe fundamentalmente a que estas secretarías y dependencias oficiales, no cuentan con la herramienta operativa, para la determinación y predicción de los efectos que causan los huracanes en las costas del país, por lo que dentro de sus legislaciones, decretos y acciones no están contemplados estos efectos en la realización de las leyes de protección. Además, de que actualmente en ninguna de estas secretarías se sigue un procedimiento metódico y sistemático en la determinación de los efectos que provocan los huracanes y los daños que estos causan, por lo que en este caso, se recomienda se siga un procedimiento similar al utilizado en los capítulos cuatro y cinco de esta tesis.

Otro factor que influye de manera importante para que estos fenómenos hidrometeorológicos causen graves daños, es el desconocimiento que tiene la población en general sobre los efectos que generan los huracanes, los daños que estos causan y las medidas que debe tomar para protegerse del paso de estos meteoros. Incluso a nivel técnico se desconocen estos efectos.

Las características del huracán provocan confusión entre la población, al no distinguir el comportamiento del campo de vientos con respecto al ojo del huracán. Por esta razón, la población se confunde muy a menudo cuando estos meteoros llegan a cruzar su población con vientos en una dirección, después del cual, se presenta un período de calma (que es el llamado ojo del huracán) y que puede ser interpretado como que el peligro a pasado, pero posterior a este vendrán nuevamente vientos tan intensos como en un principio pero en dirección opuesta, que corresponden al lado simétrico opuesto del huracán con vientos que pueden tomar nuevamente desprotegida a la población.

Los medios de información también provocan confusión en la población, al reportar información errónea a la población, ya que normalmente reportan información que corresponde el centro de la tormenta, donde las condiciones

son más intensas a las que se presentan en todo el sistema. Por ejemplo, es muy común que estos medios de Información, atribuyan a una población los vientos máximos (los que se generan próximos al ojo del huracán) de un meteoro que se encuentra alejado de ésta, por lo que la población al ser afectada por este meteoro puede llegar a pensar que realmente soportó el paso de un huracán intenso. Si se llegase a presentar nuevamente un meteoro de esta magnitud, pero ahora sobre esta población, podría este dejar un saldo de catastróficas consecuencias al tomar éste desprotegida a la población.

Estos problemas están íntimamente relacionados con los daños que estos meteoros causan a la población, ya que normalmente el descuido o el desconocimiento de estos efectos por parte de la población, pero principalmente por parte de los técnicos o personas encargadas de tomar decisiones en momentos críticos, ha resultado ser uno de los principales problemas para la protección de la población. Un caso muy lamentable que se recuerda, se presentó en 1988, después del paso del huracán Gilbert por las entidades del Noreste del país, cuando la creciente del Río Santa Catarina en Monterrey, Nuevo León, arrastró a más de 200 personas que pretendieron cruzar imprudentemente el cauce de este Río (normalmente seco) mediante vados.

Actualmente es conveniente que se dé una educación a la población en cuanto a los efectos que causan los huracanes y de las medidas que deberán adoptarse antes y después del paso de estos meteoros. Para esto sería conveniente que una de estas medidas fuera la de instituir en las escuelas y universidades de las entidades costeras, algunas materias que traten aspectos generales de estos efectos, además de realizar documentales y artículos en revistas que contribuyan a una mejor difusión.

Además es necesaria la formación de grupos multidisciplinares especializados en la determinación de los efectos que causan los huracanes, que ayude a tomar decisiones a las autoridades de más alto nivel para la prevención y protección de la población.

En lo que respecta a la legislación referente a la prevención de desastres naturales, esta no contempla leyes aplicables a la construcción y reconstrucción a largo plazo con fines de prevención. Para mejorar la legislación existente es conveniente que se consideren los siguientes puntos:

- Obtener mapas microzonales (planos y mapas de escalas pequeñas) en las zonas más afectadas por los efectos de huracanes.
- Delimitar el uso del suelo, restringiendo el desarrollo industrial o residencial en las zonas de más alto riesgo, tales como las riberas de inundación y zonas costeras afectadas por la marea de tormenta y el oleaje.
- Establecer normas de construcción de edificios en donde se establezcan las características mínimas de seguridad en las zonas vulnerables a estos meteoros.
- Realizar obras de ingeniería para la ordenación y control de los cauces de los ríos y de otras zonas vulnerables a las inundaciones por marea de tormenta y oleaje.

En lo que respecta a las normas de construcción de las obras costeras, estas actualmente no contemplan las condiciones máximas generadas por los efectos de los huracanes intensos. Tampoco es considerado el riesgo ciclónico en las normas de delimitación y uso del suelo. Esto se debe principalmente, a que hasta el momento no existe la información detallada de los efectos causados por los huracanes en las costas del Sureste de México, pero aún en el caso de que esta exista, como en el caso de los vientos (Sánchez-Sesma J. y Aguirre R. J., 1984), que incluso esta en función de periodos de retorno usuales para el diseño de obras civiles, no han sido tomadas en cuenta para los reglamentos estatal o nacional de construcción.

Para poder establecer normas y reglamentos adecuados para la construcción de las obras costeras, es necesario que se tomen en cuenta los efectos que provocan los huracanes en su paso por las costas del país, es decir realizar un análisis de vulnerabilidad ante estos efectos. De esta forma se podrán elaborar normas que ayuden a contrarrestar los daños que provocan estos efectos, entre las que se podrían enumerar las siguientes:

Para el Control y Uso del Suelo.	{ Ordenación de riberas de inundación y costas sujetas a la marea de tormenta. Política General del Uso del Suelo.
Para la delimitación de Zonas.	{ En las riberas de inundación y costas Del cauce de inundación y de sus límites máximos.
Para la construcción de edificios.	{ Reglamentación zonal del suelo. Normas para la protección contra el viento. Normas para la protección contra las inundaciones. Normas para la protección contra el oleaje.

El objeto de la ordenación de las riberas de inundación, cauces de inundación y regiones costeras, es el de complementar las medidas de control de las inundaciones, como los terraplenes, presas, malecones y rompeolas, que habitualmente permiten lograr un alto grado de protección pero no la protección completa. La ordenación de estas riberas de inundación y de las regiones costeras, puede ser un factor considerable para garantizar que cuando las medidas de control de inundaciones han resultado ineficaces, ante los efectos de un huracán intenso, los daños resultantes sean mínimos y desde el punto de vista económico, tengan poca trascendencia. De igual forma es importante que el gobierno financie y autorice la construcción o el dragado de zonas que pueden ser empleadas como bahías de abrigo, ya que la actividad pesquera es una de las principales actividades de las poblaciones costeras y esta resulta seriamente dañada cada vez que se presentan estos meteoros. Las bahías de abrigo existentes aún cuando adecuadas para tormentas habituales, han resultado inútiles en huracanes intensos.

Es conveniente que estas medidas esten respaldadas mediante una legislación, que permita a las autoridades la compra de terrenos o de casas que se encuentran en las zonas de alto riesgo, para de esta forma garantizar la seguridad de la población, permitiendo tan sólo el disponer de estos para uso agrícola o recreativo.

Además el conocimiento que se tenga de los efectos del huracán deberá permitir el desarrollo de mapas regionales y a nivel nacional de estos efectos en función de períodos de retorno adecuados para el diseño de las obras costeras. Estas medidas de carácter estructural, deberán ser un valioso complemento para la prevención de los efectos de estos fenómenos hidrometeorológicos. Estas normas deberán de ser empleadas tanto para la construcción de edificios, como para la de otras estructuras (malecones, muelles, escolleras, anuncios publicitarios, etc.) y deberán de comprender las especificaciones para su diseño, construcción, funcionamiento y mantenimiento, tales como :

- Adecuado anclaje de los edificios para impedir que estos sean separados de sus cimientos.
- Una adecuada elevación de la base y de la planta baja de los edificios.
- Resistencia a la presión del agua y al movimiento de ésta, a gran velocidad.
- Restringir el empleo de materiales que se deterioren fácilmente con el agua.
- Prohibir la instalación de equipos eléctricos y de combustión que en un momento dado pudieran quedar bajo el agua.

Para que sean implementadas estas medidas o normas es necesario, que se siga trabajando en métodos que ayuden a la determinación de los efectos de los huracanes, así como en los medios de observación de dichos efectos.

En el caso de la marea de tormenta y oleaje, se espera que mediante los modelos de simulación histórica (Rosengaus y Sanchez-Sesma, 1990), se puedan reconstruir estos efectos, que no fueron registrados por las dependencias u organismos oficiales. De la información que se obtenga de estos efectos, se pretenden obtener los mapas de estos efectos, con períodos de retorno usuales para el diseño de las obras costeras.

En el caso de las lluvias generadas al paso de estos fenómenos hidrometeorológicos aún son motivo de un intenso estudio y ni con los actuales medios de comunicación y medición se ha podido avanzar mucho al respecto.

Todas estas medidas deberán de estar encauzadas en darle una mayor prioridad a la planeación y prevención de la población, ante el grave problema que representa la rápida urbanización y el de la elevada tasa de crecimiento de población. En México, en base a información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1965-1985), se estima que para el año 2010 la población de las entidades costeras será de 48,775,046 habitantes, la mayor parte de esta asentada directamente sobre la costa. Además de que, si se considera el hecho de que las entidades del altiplano tendrán una población de 65,012,026 habts, para el mismo año, se puede ver aún mas la importancia de las entidades costeras (ver cap. 6). Por lo que es conveniente que en la actualidad ya esten establecidas las bases para la planeación y prevención de daños y protección a la población.

Por último se puede concluir que los daños que provocan estos fenómenos naturales no serían tan cuantiosos, si en las medidas necesarias para la planeación y prevención de la población son considerados sus principales efectos. De igual forma, si se contara con las presas de almacenamiento necesarias en todo el país, el agua que captaran estas durante la temporada de huracanes nos podría servir para tener una elevada producción agrícola y ganadera, hasta que se presentara el nuevo período de lluvias o la próxima temporada de huracanes.

REFERENCIAS.

REFERENCIAS

Albarran A., Jalme, 1989, *APUNTES DE HURACANES*, Comisión Federal de Electricidad (Sin publicar), México D.F., Oklahoma # 85, Col. Napoles.

Comisión Federal de Electricidad, 1983, *MANUAL DE HIDRAULICA MARITIMA*, Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México D.F. pp 2.13.84 a 2.13.111.

González Hernández, Adriel, 1990, *HURACANES EN EL GOLFO DE MEXICO, Y SUS EFECTOS SOBRE LAS OBRAS COSTERAS*, Tesis de licenciatura, E.N.E.P. ARAGON, UNAM, Edo. de Méx., (actualmente en desarrollo).

Inter Ocean Systems, 1989, *DIRECTIONAL WAVE MEASUREMENT WITH A SMALL LIGHTWEIGHT AND EASY TO USE WAVE GAUGE/CURRENT METER*. S4DW, E.U.A.

Martínez Zabaldeny, E., 1973, *ESTUDIO DE CAMPO EN LA INGENIERIA DE COSTAS*, Tesis, IPN E.S.I.A., México, D.F. pp 76-77 y pp 79- 82.

MUNICH RE, 1988, *MAPA MUNDIAL DE LOS PELIGROS DE LA NATURALEZA*, DM20, República Federal de Alemania, pp 35.

INEGI, 1965-1985, *CENSO GENERAL DE POBLACION Y VIVIENDA*, Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México D.F. 1965-1985.

Luna Bauza, Cesar, 1977, *ATLAS DE HURACANES*, Secretaría de Programación y Presupuesto. México D.F. pp-5-9.

Rosengaus Moshinsky, M. y Jorge-Sanchez, S., 1990, GILBERT :EJEMPLO DE HURACANES DE GRAN INTENSIDAD, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua. Rev. Ingeniería Hidráulica en México, Cuernavaca, Mor. pp 13 a 36.

Sánchez-Sesma, J., 1985, VIENTOS MAXIMOS DEBIDO A CICLONES TROPICALES, Tesis de Maestría, D.E.P.F.I., UNAM, México, D.F. Cap. 4 pp 16-21 y 56.

Sánchez-Sesma, J., Aguirre, R.J. y Villegas, V.A., 1984, VALORES PARA EL DISEÑO DE LA VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN MEXICO, IV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León Gto. pp. G 110- G119.

Sánchez-Sesma, J., Aguirre, R.J., y Sen, M., 1988, A SIMPLE MODELING PROCEDURE FOR THE ESTIMATION OF CYCLONE WIND SPEEDS, Journal of Structural Engineering, ASCE, 114(2). pp. 352- 370.

Servicio Meteorológico Nacional, 1981, TRAYECTORIAS CICLONICAS 1960-1980, ASCE, 114(2). pp. 352- 370.

Servicio Meteorológico Nacional, S.A.R.H., México, D.F. pp 341.

Shore Protection Manual, 1977, U.S. Army Corps of Engineers, E.U.A., Vol. 1, pp 3-72 a 3-74, 3-120 a 3.125.

Steeckl A, 1966, STUDIES OF THE HIDRODYNAMIC EQUATIONS OF STORM SURGES, Universidad Hebrea de Jerusalem, Israel.

Springall R., 1975, ESTUDIO Y ANALISIS ESTADISTICO DEL OLAJE GENERADO POR HURACANES EN EL SUROESTE DEL GOLFO DE MEXICO, Instituto de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1975. Cd. Universitaria, Publicación 361, pp. 116- 120.

Zoltan de Cserna, 1974, EL ESCENARIO GEOGRAFICO, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F., pp. 71-91.

Rosengaus Moshinsky, M. y Jorge-Sanchez, S., 1990, *GILBERT :EJEMPLO DE HURACANES DE GRAN INTENSIDAD*, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Comisión Nacional del Agua. Rev. Ingeniería Hidráulica en México, Cuernavaca, Mor. pp 13 a 36.

Sánchez-Sesma, J., 1985, *VIENTOS MAXIMOS DEBIDO A CICLONES TROPICALES*, Tesis de Maestría, D.E.P.F.I., UNAM, México, D.F. Cap. 4 pp 16-21 y 56.

Sánchez-Sesma, J., Aguirre, R.J. y Villegas, V.A., 1984, *VALORES PARA EL DISEÑO DE LA VELOCIDAD MAXIMA DEL VIENTO EN MEXICO*, IV Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, León Gto. pp. G 110- G119.

Sánchez-Sesma, J., Aguirre, R.J., y Sen, M., 1988, *A SIMPLE MODELING PROCEDURE FOR THE ESTIMATION OF CYCLONE WIND SPEEDS*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 114(2). pp. 352- 370.

Servicio Meteorológico Nacional, 1981, *TRAYECTORIAS CICLONICAS 1960-1980*, Servicio Meteorológico Nacional, S.A.R.H., México, D.F. pp 341.

Shore Protection Manual, 1977, U.S. Army Corps of Engineers, E.U.A., Vol. I, pp 3-72 a 3-74, 3-120 a 3.125.

Stelecki A, 1966, *STUDIES OF THE HIDRODYNAMIC EQUATIONS OF STORM SURGES*, Universidad Hebrea de Jerusalem, Israel.

Springall R., 1975, *ESTUDIO Y ANALISIS ESTADISTICO DEL OLEAJE GENERADO POR HURACANES EN EL SUROESTE DEL COLFO DE MEXICO*, Instituto de Ingeniería, U.N.A.M., México, 1975. Cd. Universitaria, Publicación 361, pp. 116- 120.

Zoltan de Cserna, 1974, *EL ESCENARIO GEOGRAFICO*, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F., pp. 71-91.